

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Silvester Jakša

**Večmodalni priporočilni sistem za
glasbo**

DIPLOMSKO DELO
UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE STOPNJE
RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: prof. dr. Saša Divjak

Ljubljana 2015

Fakulteta za računalništvo in informatiko podpira javno dostopnost znanstvenih, strokovnih in razvojnih rezultatov. Zato priporoča objavo dela pod katero od licenc, ki omogočajo prosto razširjanje diplomskega dela in/ali možnost nadaljne proste uporabe dela. Ena izmed možnosti je izdaja diplomskega dela pod katero od Creative Commons licenc <http://creativecommons.si>

Morebitno pripadajočo programsko kodo praviloma objavite pod, denimo, licenco *GNU General Public License*, različica 3. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani <http://www.gnu.org/licenses/>.

Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil L^AT_EX.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Razvijte večmodalni sistem za priporočanje glasbe. Pri sprehajanju uporabnikov naj sistem glede na način hoje priporoča glasbo, prilagaja tempo predvajane pesmi, osvetljuje most in projicira pozicijo uporabnikov na tla. Razvijte potrebna elektronska vezja za naprave, ki spremljajo premike uporabnikov in komunicirajo z računalnikom Raspberry Pi. Z mobilno aplikacijo naj bi zaznavali tempo hoje in ga skupaj s podatki strojne opreme pošiljali multimedijškemu strežniku. Ta naj glede na pridobljene podatke iz lokalnega omrežja predvaja glasbo in generira projekcijo. Tvorba predvajane in priporočanje glasbe in osvetljevanje mostu naj bo avtomatsko. Priporočila glasbe naj bodo v povezavi s podatkovno bazo Moodo.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Silvester Jakša sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Večmodalni priporočilni sistem za glasbo

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof. dr. Saše Divjaka,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 3. septembra 2015

Podpis avtorja:

V diplomsko delo sem vložil ogromno truda in časa in bil med celotnim delom deležen velike podpore moje družine, prijateljev in mentorja.

V prvi vrsti bi se rad zahvalil mentorju Saši Divjaku za odlično mentorstvo in podporo pri delu. Da sem na fakulteti dosegel to kar sem in prišel tako daleč, si globok poklon in zahvalo zasluži asistent, član Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije in moj dober prijatelj Matevž Pesek. Že od prvega letnika študija me je spodbujal in mi predstavil računalništvo na zabaven in zanimiv način. Med izdelavo diplomskega dela sem se v vsakem trenutku lahko obrnil nanj in z veseljem mi je priskočil na pomoč. Hvala ti Matevž.

Največ od vsega mi pomeni podpora družine, ki mi je stala ob strani od samega začetka študija do zaključka diplomske naloge. Očetu se zahvaljujem za ogromno znanja, ki ga je delil z mano in prisostvoval levji delež k diplomskemu delu. Mami se zahvaljujem za moralno podporo in spodbujanje k dosegu cilja, ki mi je prišlo še kako prav med obdobji pomanjkanja motivacije, ter za urejanje vsakdanjih opravkov, ki so me razbremenili med napornim delom.

Veliko zahvalo sem dolžen vsem mojim dobrim prijateljem in kolegom s fakultete, ki so me spodbujali in mi bili v oporo ter bili odlična družba med odmori. Hvala Mark, Jure, Matea, Mojca, Marko in Aleksandar. Vem da vas je še veliko več, vendar sem v izogib popisu cele strani raje zaključil. Vas imam v mislih. :)

Rad bi se še zahvalil osebju Laboratorija za računalniško grafiko in multimedije v celoti, ki so me med mojimi stalnimi obiski sprejeli medse in mi ponudili prostor, kjer sem lahko delal in mesto, kjer sem lahko črpal dragoceno znanje.

Kazalo

Povzetek

Abstract

1	Uvod	1
2	Pregled področja	5
2.1	Priporočanje glasbe	5
2.2	Čustva v glasbi	7
2.3	Večmodalno zaznavanje in Moodo podatkovna baza	9
3	Sistem MoodWalker	11
3.1	Strojna oprema	13
3.2	Android	26
4	Implementacija sistema	29
4.1	Programske rešitve in potek dela	29
4.2	Postavitev sistema	42
4.3	Delovanje v realnem času	45
4.4	Zunanji vplivi	47
4.5	Slike sistema	49
5	Rezultati in evalvacija	53
6	Sklepne ugotovitve in zaključki	57

KAZALO

Slike

1.1	Primer YouTube priporočilnega sistema za videe.	2
1.2	Piano stopnice na Stockholmski podzemni železnici na Švedskem.	4
3.1	Slika prikazuje arhitekturo celotnega sistema. Tekst ob povezavi eksplicitno navaja komunikacijski protokol.	12
3.2	Raspberry Pi 2.	14
3.3	Vezja uporabljena v sistemu.	15
3.4	Skica digitalnih priključkov GPIO na Raspberry Pi 2.	16
3.5	Senzor SHARP GP2Y0A02YK.	17
3.6	Graf funkcije izhodne napetosti v odvisnosti od razdalje.	20
3.7	Vezje za priklop senzorjev. Oznaka 1 prikazuje konektor za povezavo z vezjem za pretvarjanje analognih v digitalne signale. Oznaki 2 in 3 označujeta konektorja za priklop senzorjev. Oznaka 4 zajema konektor za priklop napajalnika 5 V.	21
3.8	Vezje za pretvarjanje analognih v digitalne signale. Oznaka 1 označuje 10-polni konektor za priklop na Raspberry Pi. Oznaka 2 predstavlja čip ADS8344. Oznaka 3 prikazuje konektor kamor priklopimo vezje za priklop senzorjev.	23
3.9	Shema vezja za pretvarjanje analognih v digitalne signale.	23

3.10	Vezje za prižiganje LED traku. Oznaka 1 označuje 26-polni konektor za priklop na Raspberry Pi. Z oznako 2 so označeni uporabljeni tranzistorji. Oznaka 3 predstavlja konektor kamor priklopimo LED trak.	24
3.11	Shema vezja za prižiganje LED traku.	25
3.12	Izgled mobilne aplikacije MoodWalker.	27
4.1	Načini delovanja kanala SPI glede na CPOL in CPHA.	32
4.2	Primerjava dveh enosmernih signalov z uporabo pulzno-širinske modulacije.	34
4.3	Barvni model RGB.	35
4.4	Primer pospeškov treh osi med hojo, ko je naprava v hlačnem žepu obrnjena z zgornjim delom navzdol (prvi del grafa) in v dlani.	38
4.5	Hkratna projekcija pozicije dveh uporabnikov, ki se nahajata na mostu (slika aplikacije).	42
4.6	Skica robnih projekcij (bele črte predstavljajo doomet senzorjev).	43
4.7	Slika predstavlja vezja in del elektronskih komponent pred izdelavo.	44
4.8	Projektor in varnostni mehanizmi.	46
4.9	Slika prikazuje del sistema, kjer je na vrhu viden projektor. Spodaj so na ograji vidni senzorji in LED trak.	49
4.10	Slika prikazuje ograjo, kjer so nameščeni senzorji premikov in LED trak. Na mizi ob ograji so postavljena elektronska vezja, napajalnik in multimedijski strežnik.	50
4.11	Projekcija pozicije več uporabnikov med igranjem različnih lestvic.	51
5.1	Slika prikazuje tortne diagrame odstotkov posameznih odgovorov na vprašanja od 1 do 4.	55
5.2	Slika prikazuje tortna diagrama odstotkov posameznih odgovorov na vprašanji 5 in 6.	56

Tabele

3.1	Specifikacije Raspberry Pi 2.	14
3.2	Specifikacije SHARP GP2Y0A02YK.	18
3.3	Izhodne napetosti na različno izmerjenih razdaljah.	19
4.1	Ukazi za branje podatkov s kanala SPI za čip ADS8344.	32
4.2	Oznake bitov v 16 bitnem odgovoru čipa ADS8344.	33
4.3	Primer zaporedja ukazov z Raspberry Pi in odgovorov čipa ADS8344 za kanal 0.	33
4.4	Razlage podatkov JSON datoteke.	41
4.5	Zagonski časi komponent.	47

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
MIR	music information retrieval	pridobivanje informacij o glasbi
VA	valence arousal	prijetnost in intenziteta
LED	light emitting diode	svetleča dioda
RGB	red, green, blue	rdeča, zelena, modra
GPIO	General-purpose input/output	splošno namenski vhod in izhod
CPE	central processing unit	centralna procesna enota
ARM	advanced RISC machine	napreden RISC stroj
RISC	reduced instruction set computing	računanje z zmanjšano množico ukazov
RAM	random-access memory	bralno-pisalni pomnilnik
USB	universal serial bus	univerzalno serijsko vodilo
HDMI	high-definition media interface	visoko-ločljivostni multimedijski priključek
SD	secure digital	prenosni pomnilniški medij
UDP	User Datagram Protocol	nepovezovalni protokol za prenašanje paketov
IR	infrared	infrardeče
V	volt - unit for electric potential and electric potential difference (voltage)	volt - enota za merjenje električnega potenciala in električne napetosti
A	ampere - unit of electric current	amper - enota za električni tok

TABELE

SPI	serial peripheral interface bus	sinhrona serijska podat- kovna povezava
SCLK	serial clock	serijska ura
SS	slave select	izbira sužnja (ostale na- prave)
MISO	Master Input, Slave Output	vhod gospodarja prenosa, izhod sužnja
MOSI	Master Output, Slave Input	izhod gospodarja prenosa, vhod sužnja
JRE	Java Runtime Environment	Java izvajalno okolje
3D	three-dimensional	tridimenzijski
TCP	Transmission Control Pro- tocol	protokol za nadzor prenosa podatkov
IDE	Integrated development en- vironment	vgrajeno razvojno okolje
JSON	Javascript object notation	Javascript objektna nota- cija
CPOL	clock polarity	urina polarnost
CPHA	clock phase	urina fronta
PWM	pulse width modulation	pulzno širinska modulacija
BPM	beats per minute	udarci na minuto
IP	internet protocol	internetni protokol
FRI	Faculty of computer and in- formation science	Fakulteta za računalništvo in informatiko

Povzetek

V diplomskem delu je obravnavan razvoj večmodalnega sistema za priporočanje glasbe. Uporabniki sistema se z mobilno aplikacijo sprehajajo po mostu in sistem glede na način hoje priporoča glasbo, prilagaja tempo predvajane pesmi, osvetljuje most in projicira pozicijo uporabnikov na tla. V ta namen smo razvili elektronska vezja za naprave, ki spremljajo premike uporabnikov in jih povežemo v enotno strojno opremo, ki komunicira z računalnikom Raspberry Pi. Z mobilno aplikacijo zaznavamo tempo hoje uporabnikov, ki ga skupaj s podatki strojne opreme pošljemo multimediskemu strežniku. Multimediskemu strežniku glede na pridobljene podatke iz lokalnega omrežja predvaja glasbo in generira projekcijo. Predvajanje glasbe in osvetljevanje mostu se generira avtomatsko in se priporoča uporabnikom v povezavi s podatkovno bazo Moodo. Dodatna funkcija sistema je igranje klavirske glasbe glede na pozicijo uporabnikov v prostoru. Evalvacijo sistema smo opravili na mestu testiranja s kratkim vprašalnikom. Rezultati so pokazali, da sistem uporabnikom predstavlja popestritev vsakdana.

Ključne besede: priporočanje glasbe, večmodalna percepcija, senzorji razdalje, Raspberry Pi, Moodo podatkovna baza, mobilna aplikacija, MoodWalker.

Abstract

Our work discusses development of multimodal music recommendation system. Users of the system are walking on the bridge while using mobile application and the system recommends music according to the walking style, adjusts tempo of the playing song, illuminates the bridge and projects user's positions on the floor. For this particular project we developed electronic boards and used them for all user tracking devices. All electronic boards are merged into common hardware which communicates with Raspberry Pi computer. Walking tempo is detected by mobile application which sends all acquired data to multimedia server together with the hardware data. Multimedia server receives data from local network and projects user's positions and generates music. Music and bridge illumination is generated automatically and is recommended to users according to Moodo dataset. Additional system function is playing piano tones which plays regarding users presence on the bridge and their position. The system evaluation was done using short survey after every use. The results showed that the system presents diversification in users daily routine.

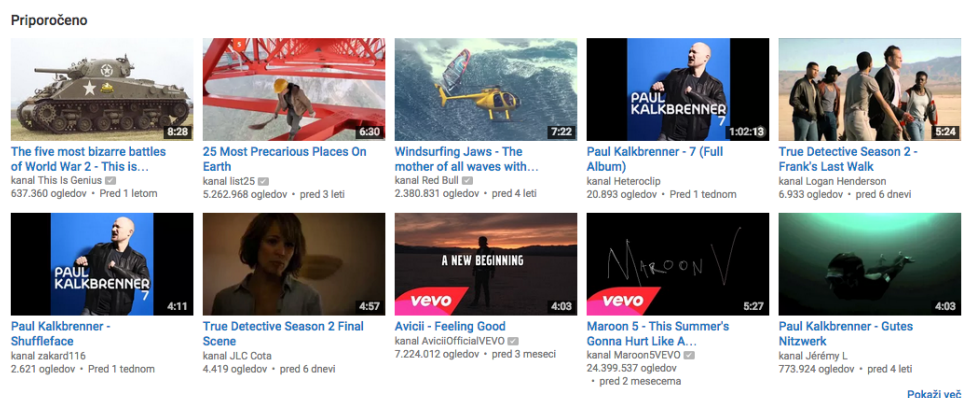
Keywords: music recommendation, multimodal perception, proximity sensors, Raspberry Pi, Moodo dataset, mobile application, Moodwalker.

Poglavje 1

Uvod

Tehnologija je v zadnjih letih močno napredovala in trend vse preprostejših aplikacij za uporabnika je močno v vzponu. Ključ zmogljive aplikacije, ki je na oko preprosta, se skriva v kompleksnem ozadju. Snovalci aplikacij ustvarjajo produkte za širše množice in s tem je nujno, da je uporabnost na visokem nivoju. Uporabnost je zelo pogojena s samo preprostostjo, na kar pričajo izkušnje iz preteklosti. Še nedolgo tega je trend narekoval, da mora imeti produkt ogromno funkcij. Ta trend se je skozi čas zmanjševal, ker so bili produkti preveč zahtevni za vsakdanjo uporabo. Danes velja pravilo manj je več. Na mestu je vprašanje ali snovalci v razvoj ne vlagajo več toliko sredstev kakor včasih. Aplikacije na račun preprostosti postajajo vse zmogljivejše in razvijalci vlagajo v razvoj vse več časa. Vzemimo za primer brezplačno spletno storitev YouTube. YouTube je trenutno brez dvoma najbolj popularna storitev za ogled videov, ki je za uporabo preprosta aplikacija vendar izredno zmogljiva. Poleg ogleda videov ponuja ustvarjanje svojih seznamov predvajanja, možnost kasnejšega ogleda, deljenja videov po družbenih omrežjih, ima zmožnost priporočanja videov glede na našo lokacijo, zgodovino ogledov in okus uporabnikovih znancev (Slika 1.1). V ozadju teče pametni priporočilni sistem, ki olajša zamudno iskanje videov, ki si jih uporabnik želi ogledati in približa izbor videov uporabnikovim navadam.

Vsak razvijalec oziroma podjetje ki na trg plasira nek izdelek se trudi, da



Slika 1.1: Primer YouTube priporočilnega sistema za videe.

bi bil na svojem področju najboljši. Da je izdelek kar se da napreden, uporabljajo najrazličnejše algoritme in načine kako narediti izdelek boljši od konkurence. V tem delu se osredotočamo na storitve v povezavi z glasbo, zato je primerno da navedemo nekaj najbolj popularnih aplikacij za poslušanje glasbe (v oklepaju je navedeno ime algoritma), ki uporabljajo za večjo kakovost svojih storitev priporočilni sistem za glasbo: Spotify (sodelovalno filtriranje), iTunes (Genius), Google Play Music (Instant Mix), Pandora (Music Genome Project) ...

Definicija priporočilnih sistemov po Baharju [1]: Priporočilni sistemi se s pomočjo uporabnikove zgodovine akcij, naj bodo to ogledi ali pa podajanje ocen priučijo profila uporabnika - kaj je uporabniku všeč oz. kaj mu ni všeč. Na osnovi izdelanega profila sistem uporabniku izdaja priporočila. Rezultati priporočilnega sistema so lahko učinkoviteje prilagojeni uporabnikovim preferencam, če uporabnik dlje časa uporablja isti priporočilni sistem, saj se z vsako interakcijo izboljšuje model uporabnika.

Glavni cilj tega dela je razvoj učinkovitega večmodalnega pasivnega sistema za priporočanje glasbe glede na način hoje. Želeli smo ustvariti zmogljiv sistem, ki bo z minimalnimi uporabnikovimi nastavitvami prepoznal njegove želje in čustveno stanje, ter se na informacije o uporabniku odzival večmodalno. Večmodalnost na naš sistem apliciramo z vizualnimi, zvočnimi

in prostorskimi efekti. V prostoru, kjer imamo postavljen sistem, smo želeli uporabnikom popestriti sprehod. S projekcijo spremljamo premike in tako z vizualnimi učinki zabavamo uporabnike. Kar našemu sistemu daje težo je priporočilni sistem za glasbo, ki zaznava spremembe v hitrosti hoje in glede na hitrost v realnem času priporoča glasbo.

Podatke za odločanje sistema pridobivamo s podatkovne baze, ki vsebuje veliko informacij o glasbi, ki jo predvajamo. Vse podatke, ki jih zajemamo s sistemom sproti povezujemo s podatkovno bazo. Velik pomen pri odločanju imajo čustva uporabnika sistema. Vzporedno med izvajanjem sistema smo želeli izvedeti ali čustveno stanje vpliva na način hoje in ali nam ta podatek lahko pomaga pri priporočanju glasbe.

Uporabniki lahko svoj sprehod skozi sistem popestrijo tudi na drugačen način. Avtomobilsko podjetje Volkswagen iz Nemčije je pred leti na Stockholmski podzemni železnici na Švedskem, v stopnice vgradilo klavirske tipke, ki so igrale glasbo na vsak korak, ki so ga uporabniki naredili na posamezni stopnici (Slika 1.2). Projekt z imenom The Fun Theory¹ je spodbujal uporabo klasičnih namesto tekočih stopnic. Želeli so vsakodnevno opravilo, kot je sprehod po stopnicah, narediti zabavno. Odziv ljudi je bil zelo pozitiven in rezultati projekta so bili spodbudni. Podoben odziv smo pričakovali tudi pri našem sistemu, saj podpira podobno funkcijo kot projekt The Fun Theory. Z individualnimi premiki po prostoru lahko s telesom igramo klavirske note, s povezanimi premiki pa celotne skladbe.

¹<http://www.thefuntheory.com/piano-staircase>



Slika 1.2: Piano stopnice na Stockholmski podzemni železnici na Švedskem.

Poglavje 2

Pregled področja

2.1 Priporočanje glasbe

Razvijalci so skozi leta razvijali različne metode in pristope [2] za priporočanje glasbe, ki jih lahko kategoriziramo v naslednje skupine:

Avtomatsko generiranje seznama predvajanja

Algoritmi ustvarjajo nove sezname glede na osnoven izbor glasbe. Rago in drugi [3] algoritem priporoči glasbo podobno osnovnemu izboru, Flexer in drugi [4] algoritem generira zaporedje pesmi in kreira gladek prehod od pesmi na začetku do pesmi na koncu seznama. Ti pristopi ne upoštevajo uporabnikove povratne informacije, kadar uporabnik dejansko posluša glasbo s seznama. To predstavlja problem vsem pristopom z osnovnim izborom. Generirajo pretirano enolično glasbo, če zbirka glasbe vsebuje veliko glasbenih vzorcev. Primer aplikacije, ki uporablja pristop z osnovnim izborom je *iTunes Genius*¹ [5].

Dinamično priporočanje glasbe

Je izboljšava avtomatskega generiranja seznama predvajanja, ki upošteva uporabnikovo povratno informacijo. Generiranje seznama se prične z naključno izbiro pesmi in se sproti prilagaja glede na uporabnikovo

¹<http://www.apple.com/itunes>

uporabo in povratno informacijo [6]. Primer aplikacije, ki uporablja tak pristop je *Pandora*².

Sodelovalno filtriranje

Metoda sodelovalnega filtriranja priporoči uporabniku glasbo glede na ocene uporabnikov s podobnim okusom [7]. Metoda zahteva veliko število uporabnikov in ocen ter informacij o uporabnikih. Če pesem ni ocenjena, je algoritem ni zmožen priporočiti. Za učinkovito priporočanje morajo biti izpolnjeni vsi težavni pogoji, v nasprotnem primeru zna algoritem posredovati slabe rezultate. Primer aplikacije, ki uporablja pristop s sodelovalnim filtriranjem je storitev *Spotify*³.

Vsebinsko osnovane metode

Algoritmi računajo podobnosti med pesmimi in priporočajo pesmi podobne najljubši pesmi. Hkrati poskrbijo da se ne priporočajo pesmi, ki jih je uporabnik preskočil. Pomembno je da se v postopku izlušči s pesmi čim več informacij kot so tempo, ritem, metrum in podobno [8]. Nekateri algoritmi znajo priporočiti glasbo tudi glede na čustva, ki jih izraža. Primer s vsebinsko osnovanim priporočilnim sistemom je sistem *MoodWalker*, ki ga podrobneje opisujemo v tem delu.

Hibridni pristopi

V zadnjem času so vse bolj popularni hibridni pristopi, ki priporočajo glasbo glede na vsebino glasbe v kombinaciji z ostalimi informacijami. Algoritem Donaldson [9] na primer dopolnjuje informacije o glasbi s spektralnimi lastnostmi grafa sodelovalnega filtriranja in akustičnimi lastnostmi signalov.

Kontekstno osnovane metode

Metode za priporočanje glasbe upoštevajo kontekst uporabe. Algoritmi se prilagajajo spremembam interesov uporabnikov skozi čas in

²<http://www.pandora.com>

³<https://www.spotify.com>

ustvarjajo časovni razpored glasbe. Nekateri izboljšujejo sodelovalno filtriranje, ki uporablja grupiranje uporabniških informacij o kontekstu kot so na primer: lokacija, gibanje, okoljski pogoji in zdravstveno stanje; s vsebinsko analizo. Primer aplikacije, ki za priporočanje glasbe uporablja kontekstno osnovan algoritem je *Logmusic* [10].

2.2 Čustva v glasbi

Ne moremo zanikati, da obstaja močna povezava med glasbo in čustvi. Glasba lahko izraža različno intenzivnost čustev pri poslušalcih in vpliva na razpoloženje, nas naredi vesele, žalostne in podobno, če smatramo da je razpoloženje daljše čustveno stanje [11]. Po drugi strani pa naše razpoloženje močno vpliva na izbor glasbe, ki jo želimo poslušati.

Povezavo med glasbo in čustvi že dolgo raziskujejo znanstveniki različnih področij filozofije, psihologije, muzikologije, antropologije in na vsezadnje tudi sociologije [12]. Poudarek raziskav je predvsem na ocenjevanju razpoloženja pridobljenega iz informacij o glasbi kot so besedilo ali ključne besede, ki opisujejo glasbo. Iz teh informacij je bilo veliko truda vloženega v kreiranje priporočilnih sistemov, ki generirajo sezname predvajanja.

2.2.1 MIR podatkovne baze

V zadnjem obdobju narašča število MIR (angl. music information retrieval) podatkovnih baz, katerih fokus je na modeliranju čustev iz informacij o glasbi [13]. Glasba je od nekdaj pomemben del vsakdana ljudi in zato se s tehnološkim razvojem vzporedno razvija tudi znanost o glasbi. Vse več podjetij se trudi glasbo tržiti na različne načine in aplicirati znanost na to področje.

Oglejmo si nekaj znanstvenih podatkovnih baz, ki so osnovane na čustvih v glasbi.

Baza MoodSwings Turk

Baza vsebuje v povprečju 17 VA (angl. valence-arousal) ocen za 240 odlomkov pesmi popularne glasbe [14]. Avtorji so uporabili sodelovalno igro MoodSwings [15] in Amazon Mechanical Turk⁴ (plačana participacija) za zbiranje zaznanih čustev v glasbi.

Baza Cal500

Vsebuje zbirko podatkov o čustvenih stanjih za 500 popularnih pesmi [16], kjer vsako pesem označujejo natanko tri čustvena stanja. Obstaja že razširjena različica baze CAL10k, ki zagotavlja podatke o nekaj manj kot 11 tisoč pesmih več tisočih izvajalcev s 475 akustičnimi in 153 žanrskimi oznakami [17].

Baza MTV Music

Bazo MTV Music Dataset [18] sestavljajo množice petih bipolarnih VA ocen petih različnih ocenjevalcev z različnimi glasbenimi izobrazbami. Baza vsebuje podatke o 192 popularnih pesmih.

Baza Emotion in Music Task

Kreatorji so se ukvarjali z izzivi prepoznavne in karakterizacije čustev v glasbi. Kot primer vzemimo dinamično čustveno karakterizacijo, ki je osnovana na stalnem VA ocenjevanju za vsako pesem v bazi. Za ta namen vsako leto plasirajo novo podatkovno bazo za množico 45 sekundnih glasbenih vzorcev. Bazo letno kreira 10 ocenjevalcev. Z leta 2013 je sestavljena iz 1000 glasbenih vzorcev. Avtorji baze uporabljajo pristop s financiranjem množice, zato je kvaliteta in velikost letno pogojena od pripravljenosti investorjev.

⁴<https://www.mturk.com/mturk/welcome>

2.3 Večmodalno zaznavanje in Moodo podatkovna baza

Človeška čutila se delijo po načinu fizične stimulacije, na katera so najbolj občutljiva. Svetloba definira vid, zvok definira sluh, pritisk na kožo definira otip in molekule v zraku vonj. Znanstvene raziskave se ponavadi osredotočijo na en tip zaznavanja, vendar stanje v normalnem okolju stimulira več tipov hkrati. Dejstvo je da so informacije za enak opazovani objekt med čutili v resnici precej povezane [19]. Vzemimo kot primer eksplozijo, ki se zgodi v bližini opazovanega človeka. Eksplozija ustvari natančno časovno sinhronizirano svetlobo, hrup, toploto in pritisk na kožo. Podobno se dogaja s človekom med govorom. Če opazujemo njegovo obrazno mimiko, lahko precej dobro napovemo kakšne zvočne učinke bi utegnil v istem trenutku govorec oddati. Takšni in podobni primeri kažejo, da ljudje znamo hkrati z večih tipov zaznavanja pridobiti informacije o nekem zunanjem dogodku. Ta način označujemo kot večmodalno zaznavanje.

Sistem MoodWalker (Poglavje 3) je večmodalni priporočilni sistem, ki za svoje delovanje črpa navodila in podatke s podatkovne baze Moodo. Podatkovna baza Moodo [20] je temeljna podlaga za graditev personaliziranega priporočilnega sistema za glasbo [21].

Zbiranje podatkov za bazo je potekalo v obliki spletne ankete z namenom doseči čim širše občinstvo in čim več odgovorov. Odgovori zajemajo čustvena stanja izpolnjevalcev vprašalnika, njihovo dožemanje barv v povezavi s čustvi in čustva, ki jih občutijo ob poslušanju glasbe. Strukturo vprašalnika sestavljajo trije deli:

Osebnostne lastnosti

Prvi del ankete sestavlja 9 vprašanj, ki zajamejo uporabnikove osebnostne lastnosti kot so: starost, spol, življenjsko okolje in materni jezik. Vključena so tudi vprašanja o uporabnikovi glasbeni izobrazbi, poslušanju glasbe in izbiri žanra poslušanja.

Razpoloženje, čustva in barve

Drugi del ankete je zasnovan tako, da zajame informacije o uporabnikovem trenutnem razpoloženju, dožemanju povezave med barvami in čustvi in dožemanju čustev v obliki aktivnosti in prijetnosti. Uporabnikovo čustveno stanje vprašalnik preveri na več načinov. Uporabnik prične z vnosom točke v VA prostoru, ki je v praksi standarden pristop k ocenjevanju razpoloženja. V nadaljevanju uporabnik z uporabo vmesnika *MoodStripe* [22] določi katera barva ustreza njegovemu trenutnemu razpoloženju. V zaključku drugega dela ankete, uporabnik z vmesnikom *MoodGraph* [22] v VA prostor, z namenom zaznati uporabnikovo dožemanje prijetnosti in aktivnosti različnih čustvenih stanj, vnese množico le-teh.

Glasba v povezavi z barvami in čustvi

V tretjem delu ankete so uporabniki poslušali deset 15-sekundnih odlomkov pesmi. Ti so bili izbrani naključno iz baze 200 glasbenih vzorcev. Vzorci so zbrani skupaj iz: 80 pesmi s spletne storitve *Jamendo*⁵, 80 pesmi izvira iz zbirke filmske glasbe [23], 20 pesmi je ljudskih in 20 pesmi predstavlja sodobno elektro-akustično glasbo. Po poslušanju posameznega odlomka je uporabnik v spletnem vmesniku izbral barvo, ki najbolje predstavlja glasbeni odlomek in z uporabo vmesnika *MoodGraph* opisal čustva, ki mu jih je priklicala odlomek.

Nekaj manj kot 1000 oseb je prispevalo dobrih 6600 odgovorov za 200 glasbenih odlomkov. V povprečju Moodo baza vsebuje 33 odzivov na odlomek, v smislu čustev, barv in umestitve v VA prostor.

⁵<https://www.jamendo.com>

Poglavje 3

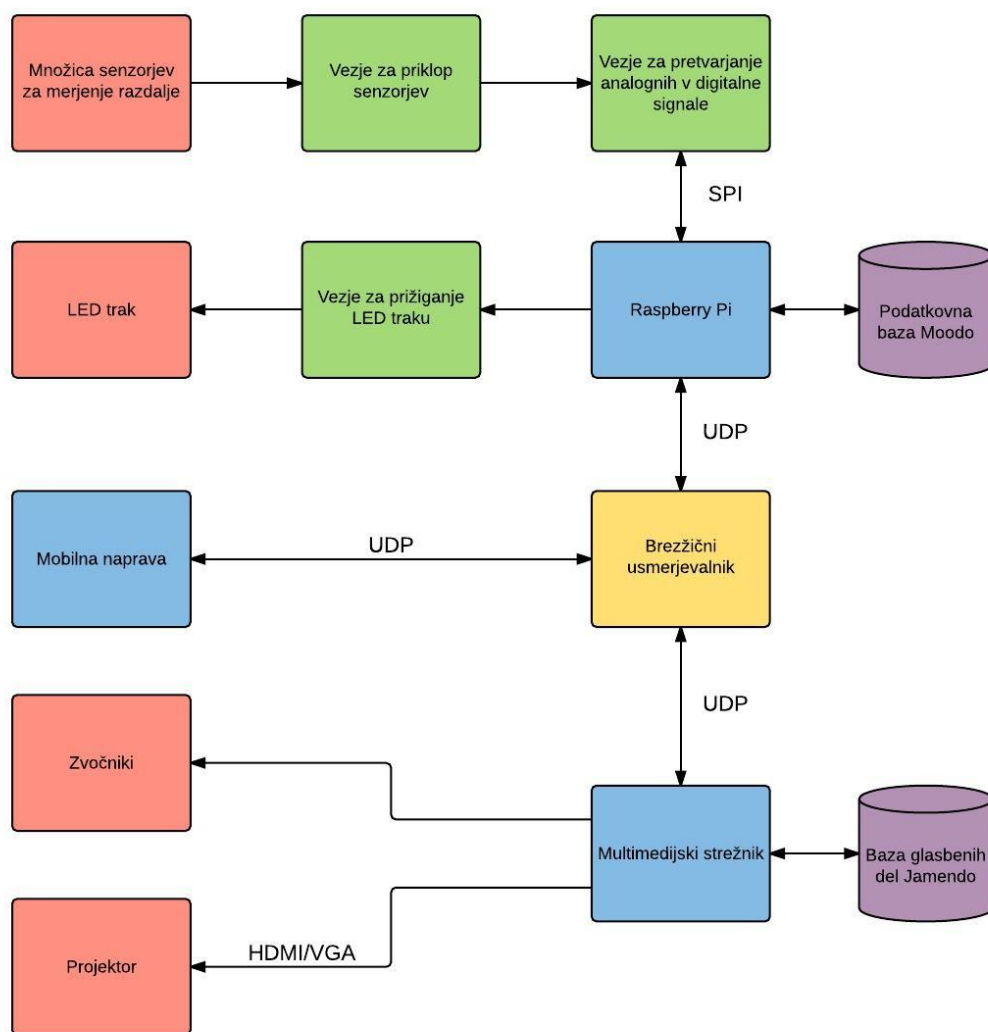
Sistem MoodWalker

V tem poglavju bomo predstavili grob oris sistema za večmodalno pasivno priporočanje glasbe.

Sistem je postavljen na mostu, ki se nahaja v drugem nadstropju zgradbe Fakultete za računalništvo in informatiko Univerze v Ljubljani. Most je dolg približno 4 metre in povezuje vzhodno in zahodno polovico zgradbe. Vzdolž mostu so na ograji postavljeni senzorji (Poglavje 3.1.2), ki merijo razdaljo med severno ograjo mostu in ljudmi, ki prečkajo most. Računalnik Raspberry Pi (Poglavje 3.1.1) zbira informacije senzorjev in računa približno točno pozicijo kje se uporabnik na mostu nahaja. Projektor priključen na multimedijski strežnik, projicira luč na mesto, kjer stoji uporabnik, drugod pa je tema (angl. spotlight). Poleg senzorjev je na ograji pritrjen LED (angl. light-emitting diode) trak, ki osvetljuje most v RGB (angl. red, green, blue) barvah. Izbor barv je pogojen z razpoloženjem, ki ga razberemo preko uporabnikovega načina hoje v povezavi s prej pridobljenimi podatki o zvezi med barvami in razpoloženjem (podatkovna baza Moodo, Poglavje 2.3) [20]. Uporabnik si mora za uporabo sistema na mobilno napravo prenesti brezplačno Android aplikacijo *MoodWalker* in se povezati na lokalno brezžično omrežje. Preko mobilne aplikacije je možno urejati osnovne nastavitve sistema. Osnovna (angl. default) funkcija sistema je spremljanje uporabnika z glasbo, ki se predvaja glede na hitrost hoje. Uporabnik le zažene mobilno

aplikacijo, ki v ozadju komunicira s sistemom in prilagaja tempo.

Zaradi širokega nabora funkcij, je sistem sestavljen iz več strojnih in programskih komponent, ki se med seboj povezujejo. V nadaljevanju bomo predstavili osnovne komponente sistema in načine povezovanja med komponentami (Slika 3.1).



Slika 3.1: Slika prikazuje arhitekturo celotnega sistema. Tekst ob povezavi eksplicitno navaja komunikacijski protokol.

3.1 Strojna oprema

Strojno opremo definirajo elektronska vezja, napajalniki, senzorji, računalniki in LED trak. Napajalniki iz električnega omrežja pretvarjajo elektriko v obliko primerno za napajanje vezij, senzorjev in LED traku. Dve elektronski vezji sta namenjeni za priklop in komunikacijo s senzorji, eno pa za vklop LED traku. Računalnik Raspberry Pi deluje kot vmesnik med vezji in ostalimi napravami v sistemu. Strojno opremo zaokrožuje multimedijški strežnik, ki je v hierarhiji naprav čisto na vrhu, zbira podatke z vseh naprav in jih aplicira na večmodalnost.

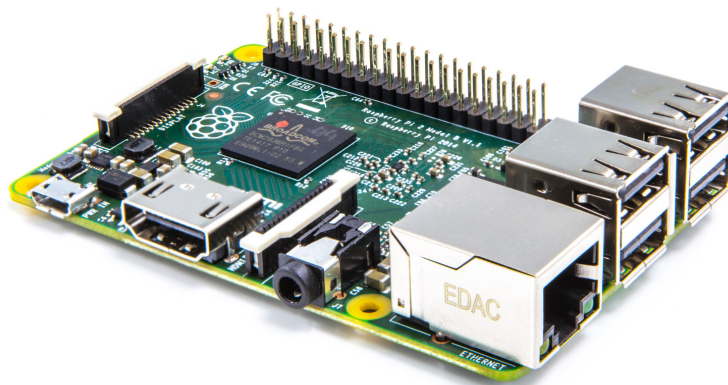
3.1.1 Raspberry Pi 2

Raspberry Pi [24] je nizko-cenovni računalnik s prodajno vrednostjo pri približno 35 evrih v velikosti kreditne kartice (Slika 3.2), ki ga lahko priključimo na računalniški monitor ali TV, in uporablja za interakcijo z zunanjim svetom standardno tipkovnico in miško. Je zmogljiva naprava (Tabela 3.1), ki omogoča ljudem vseh starosti enostavno učenje računalništva in programiranja. Zmožen je opravljanja vsega kar pričakujemo od klasičnega namiznega računalnika. Omogoča brskanje po spletu, predvajanje videov v visoki ločljivosti, igranje iger, urejanje besedil itd. Posebna zmogljivost računalnika Raspberry Pi je, da ima digitalne priključke GPIO (General-purpose input/output), ki omogočajo dodatno interakcijo z zunanjim svetom neposredno preko signalov, ki jih generira procesor. Na tak način lahko na računalnik priključimo elektronska stikala, luči, kamere, in druge elemente ter realiziramo lastne komunikacijske protokole.

Računalnik Raspberry Pi poganja lahko-kategorni odprtokodni operacijski sistem Linux Raspbian¹, ki je prilagojen za računalniško arhitekturo na računalniku.

Raspberry Pi je nameščen na plošči (Slika 3.3), poleg pomožnih elektronskih vezij. Za delovanje potrebuje 5 V napajanje, preko Micro USB pri-

¹<https://www.raspbian.org>



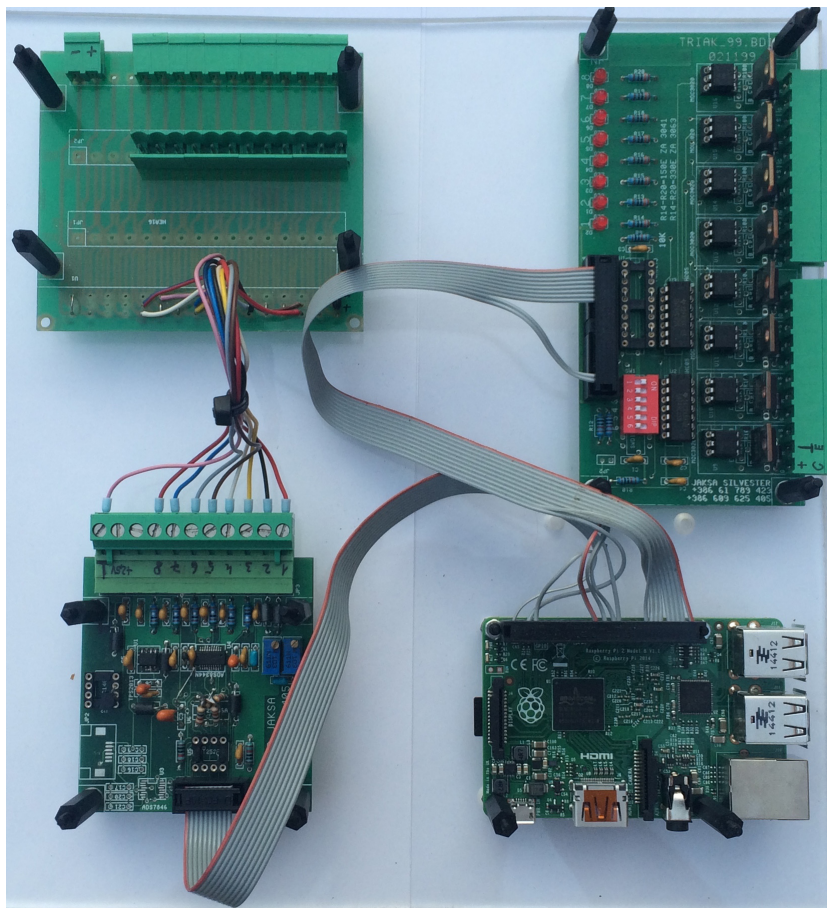
Slika 3.2: Raspberry Pi 2.

CPE	Štirijedrna arhitektura ARM 7
RAM	1 GB
Frekvenca	900 MHz
Digitalni priključki	40
USB priključki	4
Zvok	4-polni stereo audio izhod
Video	1 HDMI priključek
Internet	1 Ethernet priključek (10/100)
Shranjevanje	1 Micro SD Card čitalnik





















Tabela 3.1: Specifikacije Raspberry Pi 2.

ključka. Z Ethernet kablom ga priključimo v brezžični usmerjevalnik, slednji preko omrežja komunicira z ostalimi napravami v sistemu. Z mobilnih naprav prejema podatke o hitrosti hoje in izbranem načinu delovanja sistema, ter jih ustrezno obdela in podatke s senzorjev za merjenje razdalje (Poglavje 3.1.2) posreduje multimediskemu strežniku. Prenos podatkov poteka preko vtičev (angl. socket) z uporabo komunikacijskega protokola UDP (angl. User Datagram Protocol) [25]. Vtič, ki uporablja vrata (angl. port) 2000, se uporablja za prejemanje, med tem, ko je vtič na vratih 2001 namenjen oddajanju sporočil. Obe številki vrat sta nastavljeni programsko.

Na digitalne priključke GPIO (Slika 3.4), sta povezani vezje za prižiganje LED traku (Poglavje 3.1.5) in vezje za pretvarjanje analognih in digitalnih signalov (Poglavje 3.1.3).



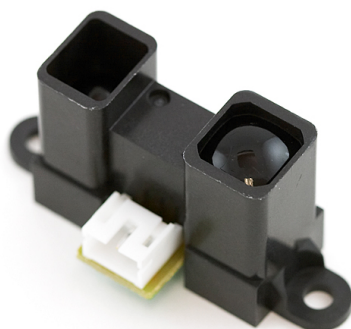
Slika 3.3: Vezja uporabljena v sistemu.

Raspberry Pi 2 Model B (J8 Header)					
GPIO#	NAME			NAME	GPIO#
	3.3 VDC Power	1		2	5.0 VDC Power
8	GPIO 8 SDA1 (I2C)	3		4	5.0 VDC Power
9	GPIO 9 SCL1 (I2C)	5		6	Ground
7	GPIO 7 GPCLK0	7		8	GPIO 15 TxD (UART) 15
	Ground	9		10	GPIO 16 RxD (UART) 16
0	GPIO 0	11		12	GPIO 1 PCM_CLK/PWM0 1
2	GPIO 2	13		14	Ground
3	GPIO 3	15		16	GPIO 4 4
	3.3 VDC Power	17		18	GPIO 5 5
12	GPIO 12 MOSI (SPI)	19		20	Ground
13	GPIO 13 MISO (SPI)	21		22	GPIO 6 6
14	GPIO 14 SCLK (SPI)	23		24	GPIO 10 CE0 (SPI) 10
	Ground	25		26	GPIO 11 CE1 (SPI) 11
	SDA0 (I2C ID EEPROM)	27		28	SCL0 (I2C ID EEPROM)
21	GPIO 21 GPCLK1	29		30	Ground
22	GPIO 22 GPCLK2	31		32	GPIO 26 PWM0 26
23	GPIO 23 PWM1	33		34	Ground
24	GPIO 24 PCM_FS/PWM1	35		36	GPIO 27 27
25	GPIO 25	37		38	GPIO 28 PCM_DIN 28
	Ground	39		40	GPIO 29 PCM_DOUT 29
http://www.pi4j.com					

Slika 3.4: Skica digitalnih priključkov GPIO na Raspberry Pi 2.

3.1.2 Senzor SHARP GP2Y0A02YK

Senzor SHARP GP2Y0A02YK (Slika 3.5) je širokokotni analogni senzor, ki meri oddaljenost predmeta, ki prečka snop IR (infrardeče) svetlobe, ki jo oddaja senzor. Spada med elektro-optične senzorje, ki delujejo na princip merjenja časa potovanja infrardeče svetlobe od predmeta, ki prečka snop, nazaj k senzorju. Infrardeča svetloba je svetloba izven človeškega vidnega spektra svetlobe, zato je njegovo delovanje nevidno prostemu očesu. Domet senzorja se giblje med 20 in 150 centimetri [26]. Izmerjeno razdaljo sporoča preko žične povezave. Po žici oddaja napetost, katere funkcija ni niti linearna niti naraščajoča (Slika 3.6). V praksi je potrebno pri izdelavi upoštevati nelinearnost.



Slika 3.5: Senzor SHARP GP2Y0A02YK.

Za učinkovit programski izračun razdalje, glede na izhodno napetost senzorja je potrebno izpeljati zvezno funkcijo, ki se najbolje prilega diskretnim podatkom z grafa [26] (Slika 3.6). Ker je graf na intervalu na abscisni osi [15,150] zelo podoben eksponentni funkciji, smo aproksimirali podatke s funkcijo:

$$U = a + b * e^{c*r} \quad (3.1)$$

Generirali smo funkcijo, ki se najbolje prilega podatkom iz tabele. V tabelo

Natančnost zaznavanja	Pri 80 cm: ± 10 cm
Domet	Med 20 cm in 150 cm
Tipični odzivni čas	39 ms
Tipična zagona zakasnitev	44 ms
Povprečna poraba toka	33 mA
Priključna napetost	Med 4.5 V in 5.5 V
Izhodna napetost	Med 0 V in 2.75 V (U_{MAX})

Tabela 3.2: Specifikacije SHARP GP2Y0A02YK.

smo vnesli podatke o napetostih na različnih razdaljah (Tabela 3.3), ki smo jih razbrali z grafa. Pri aproksimaciji smo evidentirali naslednje parametre funkcije:

$$a = 0,4194$$

$$b = 3,657$$

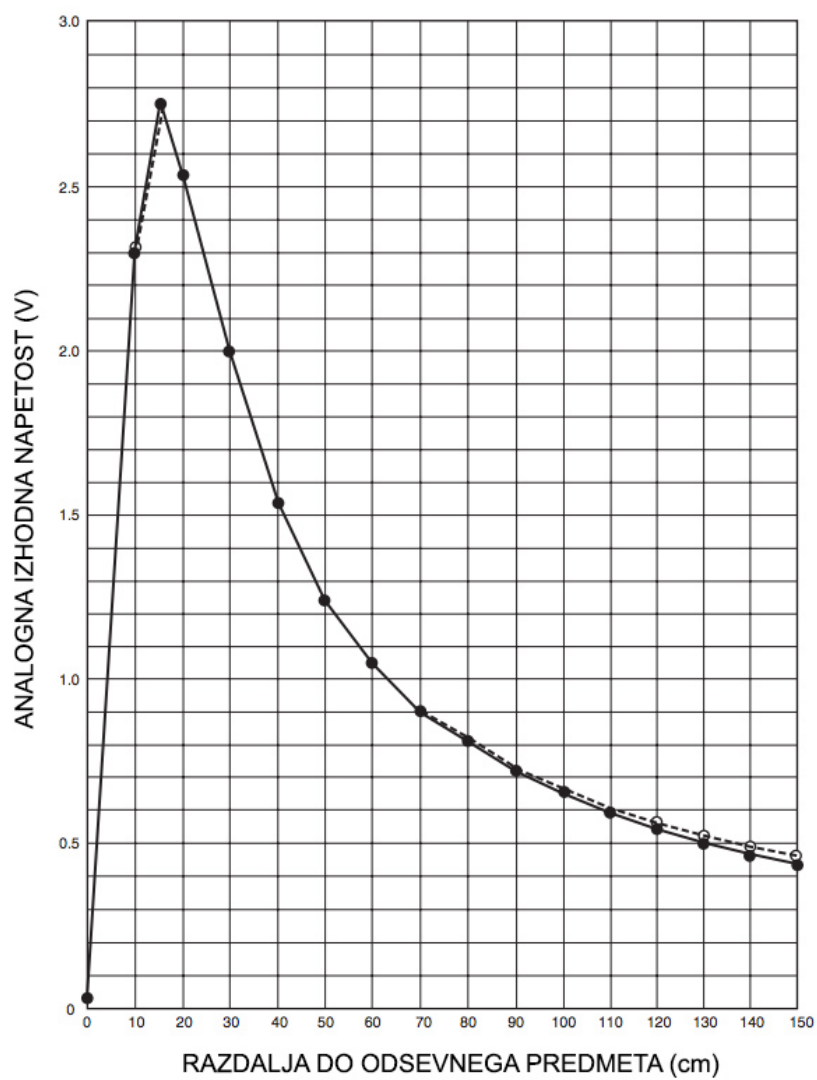
$$c = 0,02884$$

Oblika enačbe (Enačba 3.1) je prilagojena za računanje napetosti U , če poznamo razdaljo r . Iz funkcije je potrebno izraziti parameter r , saj v našem primeru poznamo parameter U (Enačba 3.2).

$$\begin{aligned}
 U &= a + b * e^{c*r} \\
 U - a &= b * e^{c*r} \\
 e^{c*r} &= \frac{U - a}{b} \\
 c * r &= \log_e\left(\frac{U - a}{b}\right) \\
 r &= \frac{\log_e\left(\frac{U - a}{b}\right)}{c} \\
 r &= \frac{\log_e(U - a) - \log_e(b)}{c}
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

Napetost (V)	Razdalja (cm)
2.75	15
2.53	20
2.0	30
1.53	40
1.24	50
1.05	60
0.90	70
0.81	80
0.72	90
0.66	100
0.59	110
0.54	120
0.50	130
0.47	140
0.43	150

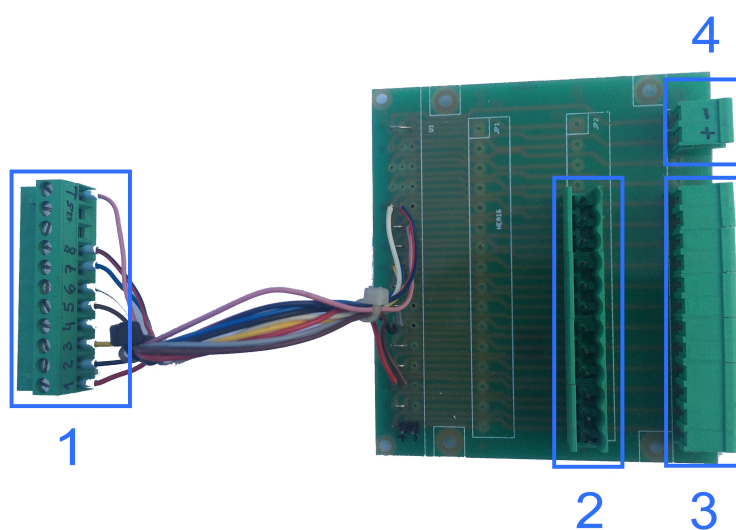
Tabela 3.3: Izhodne napetosti na različno izmerjenih razdaljah.



Slika 3.6: Graf funkcije izhodne napetosti v odvisnosti od razdalje.

3.1.3 Vezje za priklop senzorjev

Nalogi vezja za priklop senzorjev sta posredovati pridobljene informacije in lahek priklop do vezja za pretvarjanje analognih v digitalne signale (Poglavje 3.1.4). Sestavljeno je iz dveh 12-polnih konektorjev (oznaki 2 in 3, Slika 3.7), ki omogočata priklop do 8 senzorjev ali drugih naprav z analognim izhodom. Vsak vsebuje štiri analogne vhode, štiri 5 V izhode in štiri ničle (0 V). S tem smo dosegli, da je možno dodajati in odstranjevati naprave brez prekinitve delovanja ostalih naprav. Vezje se napaja preko 2-polnega konektorja (oznaka 4, Slika 3.7) na katerega je priključen 5 V napajalnik, ki daje največ 1 A toka. Sestavni del vezja je tudi množica devetih žic, ki so pritrjene na 11-polni konektor (oznaka 1, Slika 3.7), ta pa se priključi na vezje za pretvarjanje analognih v digitalne signale (oznaka 3, Slika 3.8). Osem žic v obliki napetosti služi za prenos razdalje s senzorjev, deveta pa je ničla.



Slika 3.7: Vezje za priklop senzorjev. Oznaka 1 prikazuje konektor za povezavo z vezjem za pretvarjanje analognih v digitalne signale. Oznaki 2 in 3 označujeta konektorja za priklop senzorjev. Oznaka 4 zajema konektor za priklop napajalnika 5 V.

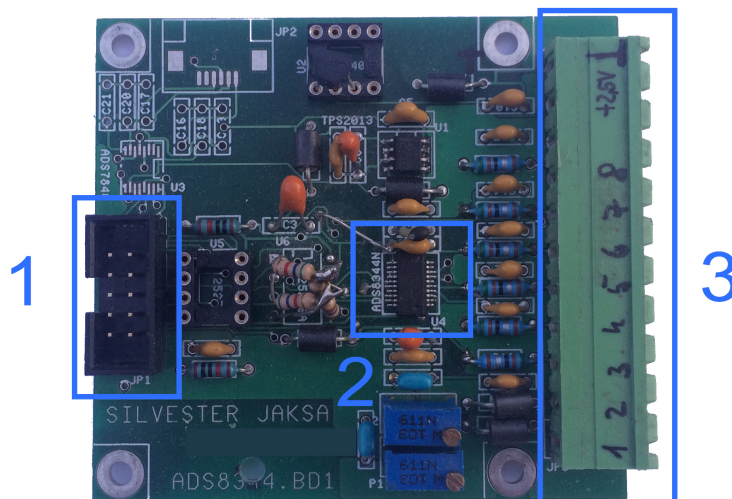
3.1.4 Vezje za pretvarjanje analognih v digitalne signale

Sistem vsebuje tudi vezje, ki bere vhodne napetosti s senzorjev, jih pretvarja v digitalno obliko in pošilja računalniku Raspberry Pi. Glavni del vezja je 8-kanalni, 16-bitni sinhronski čip ADS8344 [27] (oznaka 2, Slika 3.8). Zmožen je ciklično prebirati 8 vhodnih napetosti in jih obdelati v 16-bitno digitalno število. Obdelane vrednosti pošilja preko protokola SPI [28] (angl. Serial Peripheral Interface Bus). SPI izmenjuje podatke po dveh žicah in potrebuje za sinhronizacijo dodatna dva signala $SCLK$ (angl. Serial Clock) in \overline{SS} (angl. Slave Select). $MISO$ (angl. Master Input, Slave Output) je oznaka za vhodne, $MOSI$ (angl. Master Output, Slave Input) pa izhodne podatke. $SCLK$ je ura, ki sinhronizira prenos podatkov, \overline{SS} pa signal za izbiro čipa, če operiramo z večimi.

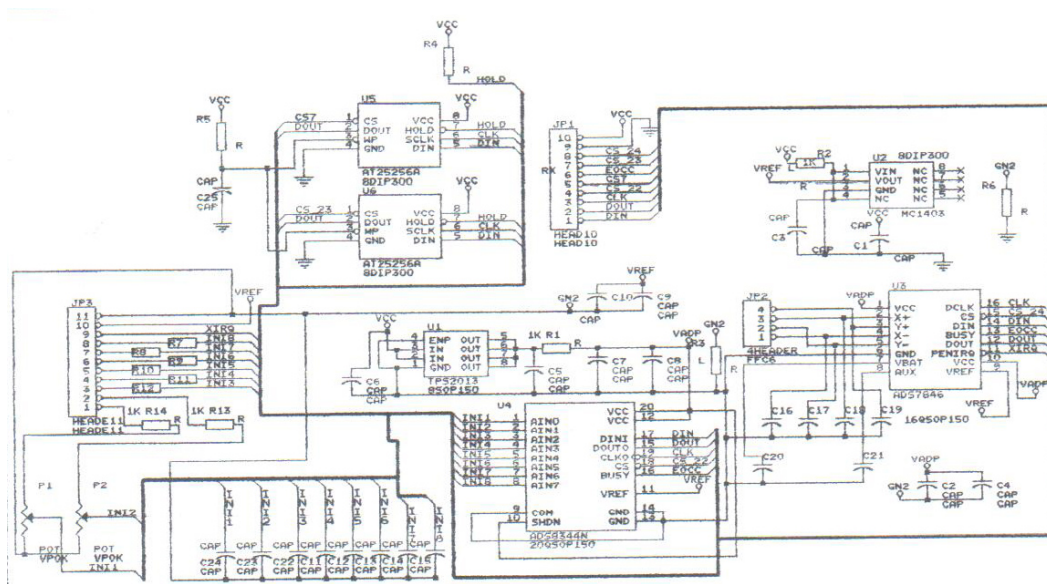
Vezje je preko 10-polnega konektorja (oznaka 1, Slika 3.8) priključeno na digitalne priključke na Raspberry Pi. Štiri žice so namenjene potrebam SPI, ena je za 3.3 V napajanje vezja in ena je ničla. Raspberry Pi omogoča komunikacijo preko kanala SPI, zaradi česar smo vezje implementirali z uporabo protokola SPI.

3.1.5 Vezje za prižiganje LED traku

Vezje za prižiganje 12 V LED traku je tranzistorsko vezje, ki omogoča vklop katere koli naprave, ki jo poganja enosmerna napetost in ne porablja več kot 8 A toka. Na vezje je mogoče priklopiti do 8 naprav na 8 izhodov, od katerih bomo za predstavljeni sistem uporabili tri. Vklapljanje poteka preko signalov procesorja na Raspberry Pi. Glavne elektronske komponente so tranzistorji TIP122 [29] (oznaka 2, Slika 3.10), ki služijo kot stikala za preklapljanje naprav. LED traku ne moremo prižigati neposredno preko procesorja, saj je zmožen napajati največ z 5 V, zato si pomagamo z vezjem. Trije uporabljeni izhodi (oznaka 3, Slika 3.10) služijo za preklapljanje RGB komponent, s tem nadziramo tri barve: rdeča, zelena in modra in jih po želji tudi mešamo.

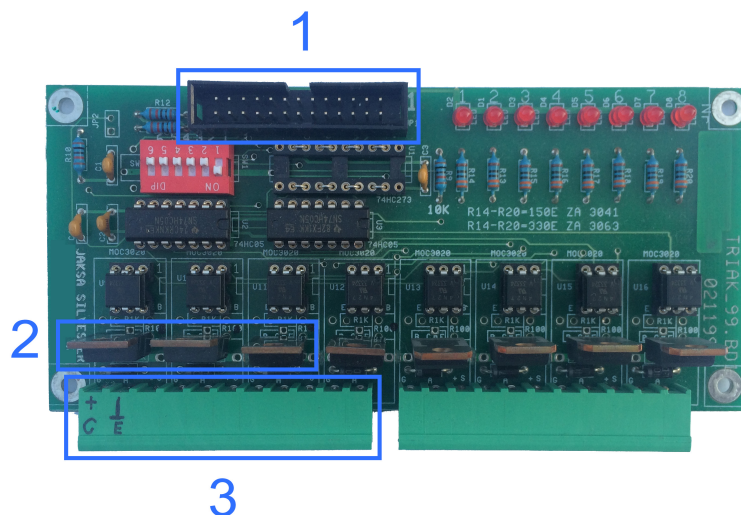


Slika 3.8: Vezje za pretvarjanje analognih v digitalne signale. Oznaka 1 označuje 10-polni konektor za priklop na Raspberry Pi. Oznaka 2 predstavlja čip ADS8344. Oznaka 3 prikazuje konektor kamor priklopimo vezje za priklop senzorjev.



Slika 3.9: Shema vezja za pretvarjanje analognih v digitalne signale.

Vezje je preko 26-polnega konektorja (oznaka 1, Slika 3.10) priključeno na digitalne priključke na Raspberry Pi. Osem žic je namenjenih za vklop posameznega tranzistorja, ena je za 5 V napajanje in ena je ničla.



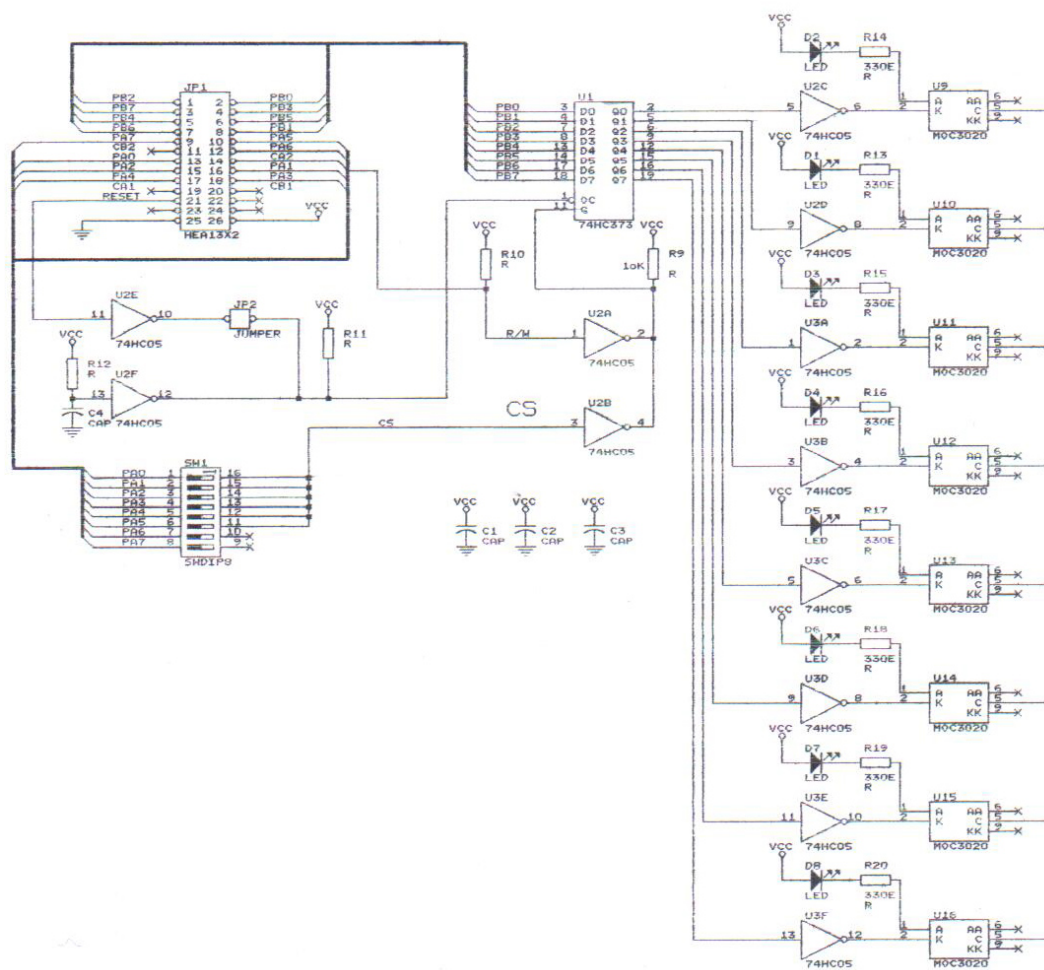
Slika 3.10: Vezje za prižiganje LED traku. Oznaka 1 označuje 26-polni konektor za priklop na Raspberry Pi. Z oznako 2 so označeni uporabljeni tranzistorji. Oznaka 3 predstavlja konektor kamor priklopimo LED trak.

3.1.6 Multimedijski strežnik

V izogib slabi kakovosti zvoka, ki ga oddaja računalnik Raspberry Pi smo se odločili glasbo predvajati preko PC računalnika, z namensko zvočno kartico. Kot multimedijski strežnik se lahko uporabi kateri koli računalnik s katerim koli operacijskim sistemom, saj je aplikacija napisana v programskem jeziku Java, ki je neodvisen od platforme. Pogoji so da mora biti na računalniku prednameščen JRE² (angl. Java Runtime Environment) in zmožnost povezovanja v omrežje. V našem eksperimentu je bil uporabljen računalnik *Apple MacBook Air*³, letnik 2014.

²<http://www.java.com/en/download>

³<http://www.apple.com/macbook-air/>



Slika 3.11: Shema vezja za prižiganje LED traku.

3.2 Android

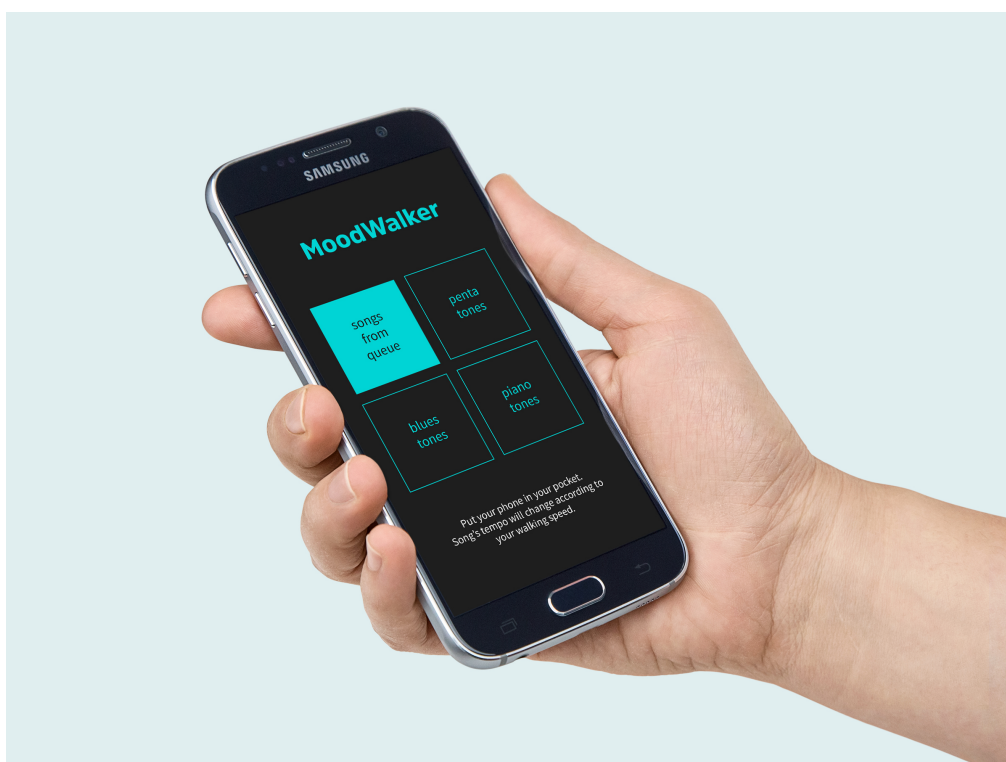
Sistem je v splošnem pasiven, kar pomeni da uporabnikom ni potrebno vnašati dodatnih informacij. Edina neposredna interakcija med sistemom in uporabnikom je mobilna naprava, ki s sistemom komunicira preko operacijskega sistema Android.

Android je operacijski sistem za mobilne telefone in tablične računalnike. Ustvarila sta ga Google in Open Handset Alliance. Nameščen je na več sto milijonov mobilnih napravah in je trenutno (leto 2015) na prvem mestu med mobilnimi operacijskimi sistemi [30]. Android je odprtokoden projekt in omogoča cenejše in lažje razvijanje programov. Je enostaven, odziven in omogoča večopravilnost. Temelji na Linuxovem jedru (angl. Linux kernel) [31].

3.2.1 Mobilna aplikacija MoodWalker

Moodwalker je mobilna aplikacija (Slika 3.12) narejena za naprave z operacijskim sistemom Android. Naloga aplikacije je zajemanje podatkov, ki jih oddaja 3D pospeškomer vgrajen v mobilni napravi. 3D pospeškomer meri pospešek na treh oseh: x , y , z ; katerega z algoritmom obdelamo, ter podamo ugotovitev o morebitnem koraku uporabnika. Naprava zajete podatke pošilja preko brezžične povezave na računalnik Raspberry Pi, ki v tem primeru služi kot strežnik za izmenjavo podatkov. Uporabili smo protokol UDP, ki za dostavo paketov ne potrebuje potrditve in je hitrejši od protokola TCP. Mobilna aplikacija omogoča, da uporabnik izbere način delovanja celotnega sistema. Izbiramo lahko med štirimi možnostmi:

- Igranje glasbe glede na tempo hoje
- Igranje klavirskih tonov (C dur) glede na pozicijo v prostoru
- Igranje pentatonike glede na pozicijo v prostoru
- Igranje blues lestvice glede na pozicijo v prostoru



Slika 3.12: Izgled mobilne aplikacije MoodWalker.

Poglavje 4

Implementacija sistema

V poglavju bomo opisali način izdelave sistema, programske rešitve, potek dela in zunanje vplive, ki bi utegnili škodovati našemu sistemu.

4.1 Programske rešitve in potek dela

Za programski razvoj različnih delov sistema smo uporabili enoten programski jezik Java [32]. Java je splošno namenski računalniški programski jezik, ki je osnovan na razredih in je objektno usmerjen [33], ter oblikovan tako, da ima čim manj odvisnosti med paketi programske kode. Namen Jave je uporabljati programski jezik, ki deluje na vseh platformah, to pomeni, da za različne operacijske sisteme in različne arhitekture procesorjev ni potrebno ponovno prevajati istega programa. V praksi za Javo velja pravilo: "Napiši enkrat, poženi kjer koli" (angl. write once, run anywhere) [34].

Za razvoj programske kode smo uporabljali programski orodji *NetBeans IDE 8.0.1*¹ in *Eclipse Standard/SDK, Luna Release (4.4.0)*². V orodju NetBeans smo razvili začetne testne uporabniške vmesnike in končni program za Raspberry Pi. Orodje Eclipse smo uporabili za razvoj Android aplikacije in za program multimedijskega strežnika.

¹<https://netbeans.org/features/index.html>

²<https://eclipse.org/luna>

Tekom razvoja smo uporabljali nekaj Javanskih programskih knjižnic, ki poenostavijo programiranje in skrajšujejo čas razvoja:

- Pi4J³ - manipulacija z digitalnimi priključki na računalniku Raspberry Pi
- JXL⁴ - branje in obdelava Excel datotek Moodo podatkovne baze
- JSON Simple⁵ - kreiranje in obdelava JSON datotek
- Sonic⁶ - potrebna je za pravilno delovanje nekaterih knjižnic
- JUnit⁷ - potrebna je za pravilno delovanje nekaterih knjižnic

4.1.1 Potek dela

Razvoj smo pričeli z reševanjem problemov branja podatkov s senzorjev za merjenje razdalje (Poglavje 3.1.2). Problem je predstavljalo pretvarjanje analognih informacij, kar brez uporabe dodatnih elektronskih vezij ni mogoče. Odločili smo se za uporabo čipa ADS8344 [27], ki je namenjen pretvarjanju analognih v digitalne signale in ima možnost komunikacije preko kanala SPI. Namestili smo ga na vezje skupaj z ostalimi perifernimi elektronskimi komponentami (Poglavje 3.1.4). Ko smo pripravili vezje, smo naleteli na problem priklopa senzorjev. V ta namen smo razvili novo vezje, ki ni decezijsko in služi samo kot vmesnik za enostavnejši priklop (Poglavje 3.1.3). K reševanju problema prižiganja LED traku, smo pristopili s tranzistorskim vezjem (Poglavje 3.1.5). Za krmiljenje vezij smo prvotno načrtovali uporabo računalnika Raspberry Pi 1, vendar je med razvojem na trg prišla nova verzija Raspberry Pi 2, ki je po obljubljanju proizvajalca 6-krat hitrejša od predhodnika (v izogib ponavljajočemu navajanju verzije, v delu uporabljamo samo izraz Raspberry Pi). Prvi del razvoja smo zaključili s testiranjem in usklajevanjem kode za senzorje, da bi dobili čim boljšo natančnost in frekvenco vzorčenja (angl.

³<http://pi4j.com>

⁴<http://jexcelapi.sourceforge.net>

⁵<https://github.com/fangyidong/json-simple>

⁶<http://junit.org>

⁷<http://junit.org>

sampling rate). V drugem delu, ki je bil izključno programerski, smo kreirali Android aplikacijo. Aplikacija pošilja podatke o številu korakov uporabnikov sistema. Za prenos podatkov smo se odločili za protokol UDP. S tem smo ustvarili komunikacijski kanal med strojno opremo in mobilnimi napravami. V tretjem in zadnjem delu razvoja smo ustvarili multimedijski strežnik za predvajanje glasbe in upravljanje s projektorjem, ki zaokrožuje povezovanje med strojnimi komponentami in mobilnimi napravami.

4.1.2 Kanal SPI

V poglavju 4.1.1, smo se dotaknili komunikacije preko kanala SPI, v sledečem poglavju pa bomo podali način programske implementacije in podrobnejši opis.

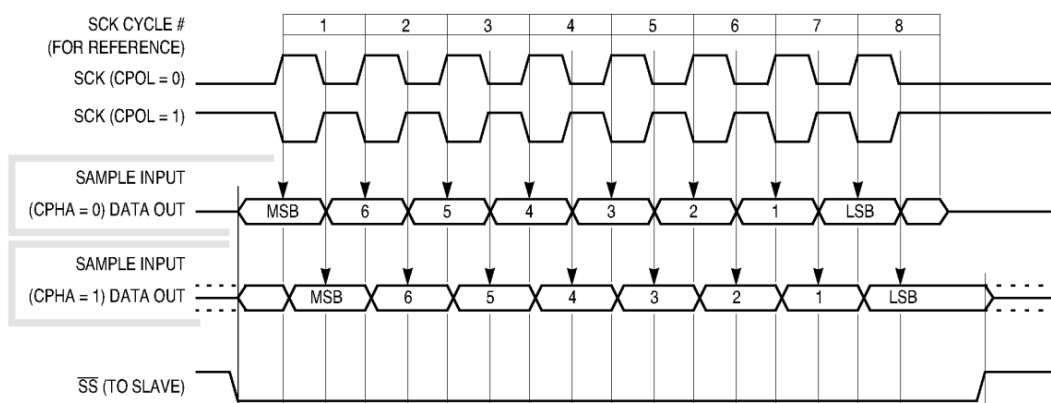
Raspberry Pi ima možnost vklopa kanala SPI v nastavitvah naprave. V osnovi je SPI komunikacija onemogočena, zato smo nastavitve spremenili, da je že takoj po zagonu naprave možna programska komunikacija z zunanjimi napravami. Preko SPI komuniciramo z vezjem, ki vsebuje čip ADS8344.

Čip analogne vrednosti pretvarja v 16-bitno število in ga uvrščamo po natančnosti v zgornjo polovico med različnimi pretvorniki [35]. Za delovanje zahteva pravilno nastavitvev kanala SPI. Protokol SPI deluje v štirih načinih [36]. Razlikujejo se glede na logično vrednost (1 ali 0) urinega signala SCLK oz. urine polarnosti pred prenosom (angl. clock polarity - CPOL), vsaka od polarnosti pa se še razlikuje po urini fronti (pozitivna ali negativna) (angl. clock phase - CPHA) začetka prenosa podatkov (Slika 4.1).

Čip ADS8344 deluje v programskem načinu 3 (štetje od 0 do 3), kar pomeni, da je potrebno nastaviti kanal SPI na vrednosti CPOL=1 in CPHA=1.

Ker ima čip zmožnost cikličnega prebiranja podatkov z osmih naprav, žici za prenos podatkov pa sta le dve, je potrebno eksplicitno navesti kateri kanal imamo namen prebrati. Nenkrat lahko preberemo le podatke z enega kanala. V tabeli 4.1 so podani ukazi v šestajstiški obliki, ki jih pošiljamo čipu.

Za branje podatkov z enega kanala je potrebno poleg ukaza, ki označuje številko kanala, naknadno poslati še tri ukaze z vrednostjo 0x00. Primer



Slika 4.1: Načini delovanja kanala SPI glede na CPOL in CPHA.

Številka kanala	Ukaz (šestnajstiško)
0	0x87
1	0xC7
2	0x97
3	0xD7
4	0xA7
5	0xE7
6	0xB7
7	0xF7

Tabela 4.1: Ukazi za branje podatkov s kanala SPI za čip ADS8344.

zaporedja ukazov za kanal 0 prikazuje tabela 4.3. Prebrana števila s postopki zamikanja in razporejanja združimo v eno 16-bitno (desetiška vrednost med 0 in 4095) število s in pretvorimo v napetost (Enačba 4.1). Po enačbi 3.2 nato izračunamo razdalje za vsak kanal in jih pošljemo multimedijškemu strežniku.

$$U = U_{MAX} * (s/4095) \quad (4.1)$$

D	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
---	----	----	----	----	----	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Tabela 4.2: Oznake bitov v 16 bitnem odgovoru čipa ADS8344.

Ukaz (šestnajstiško)	Opis odgovora čipa ADS8344 (Tabela 4.2)
0x87	Vrne vrednost 0, ki ni del pretvorjenega števila
0x00	Vrne 7 zaporednih bitov na mestih D15-D9
0x00	Vrne 8 zaporednih bitov na mestih D8-D1
0x00	Vrne 1 bit na mestu D0

Tabela 4.3: Primer zaporedja ukazov z Raspberry Pi in odgovorov čipa ADS8344 za kanal 0.

4.1.3 Uporaba PWM za mešanje barv LED traku

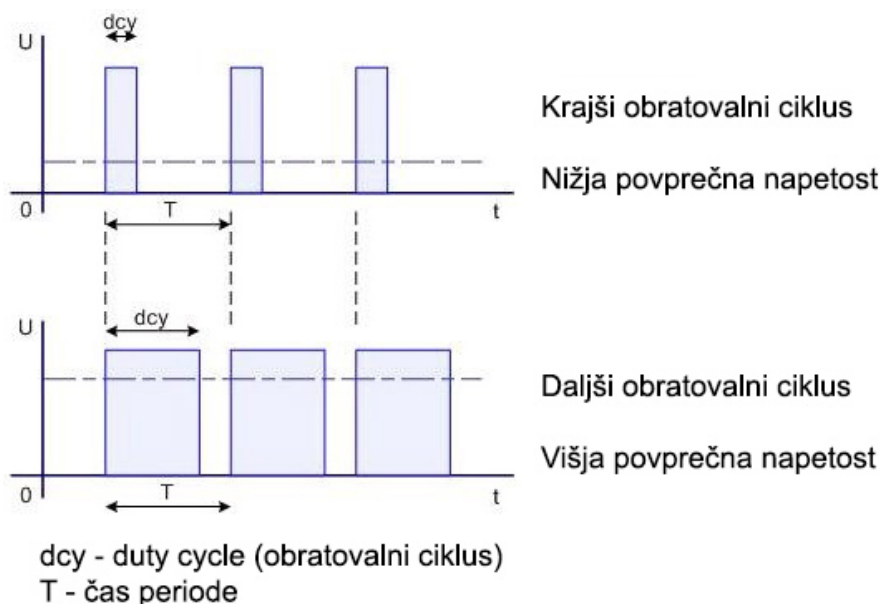
Pulzno-širinska modulacija oziroma PWM (angl. pulse width modulation), je tehnika modulacije za kodiranje sporočil v pulzne signale [37] z uporabo on-off (1-0) enosmernega digitalnega signala [38]. Čeprav je tehnika kodiranja za prenos sporočil prvotni namen uporabe, se PWM v glavnem uporablja za krmiljenje energije elektronskih naprav, predvsem pri vztrajnostnih obremenitvah kot so motorji.

Povprečna vrednost enosmernega signala se lahko spreminja s spreminjanjem obratovalnega ciklusa (Slika 4.2). Vrednost ciklusa se giblje od 0 (off) do 1 (konstantna vrednost on). Če imamo signal katerega napetost je 0 V v stanju off in 5 V v stanju on, lahko s spreminjanjem obratovalnega ciklusa

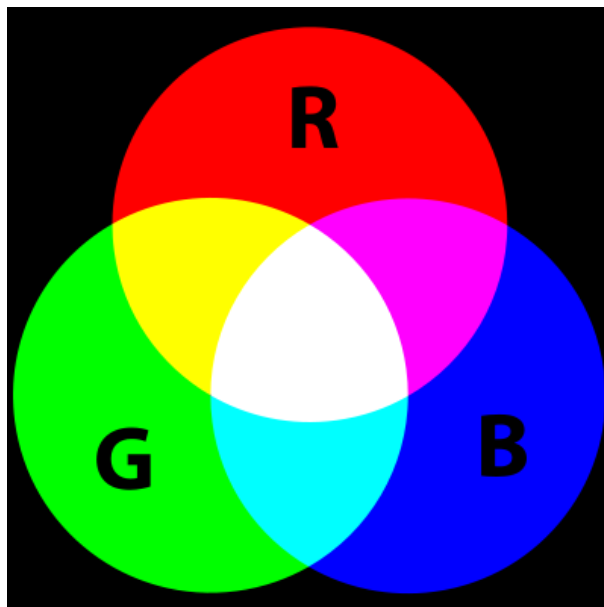
dosežemo katero koli vrednost med 0 in 5 V. S pomočjo te metode lahko krmilimo npr. hitrost vrtenja motorjev, ki jih poganja enosmerna napetost ali pa krmilimo svetilnost svetlobnih teles.

V sistemu MoodWalker PWM uporabljamo za mešanje barv na RGB LED traku. RGB barvni model sestavljajo rdeča, zelena in modra barva (angl. red, green and blue) (Slika 4.3) [39]. Nastopajo v kombinaciji treh števil z vrednostmi med 0 in 255. Trojček (255,0,0) predstavlja rdečo barvo, trojček (0,255,0) predstavlja zeleno barvo, kombinacija (0,0,255) pa predstavlja modro barvo. Z RGB barvnim modelom je mogoče predstaviti do 16581375 (255^3) barv, saj lahko na katerem koli mestu trojčka uporabimo vrednosti med 0 in 255. Kot primer vsemimo trojček (153,51,255), ki predstavlja **svetlo vijolično barvo**.

LED traku uporabljenemu v sistemu s programskim spreminjanjem svetilnosti (PWM) posameznih komponent določimo barvo. Brez uporabe PWM bi bili omejeni le na 7 barv (kombinacije trojčkov (255,0,0), (255,255,0), ...).



Slika 4.2: Primerjava dveh enosmernih signalov z uporabo pulzno-širinske modulacije.



Slika 4.3: Barvni model RGB.

4.1.4 Komunikacija z uporabo UDP

Programski jezik Java vsebuje pripravljeno kodo za enostavno programiranje izmenjevanja sporočil preko protokola UDP (angl. User Datagram Protocol). Z uporabo UDP v sistemu izmenjujemo sporočila med mobilnimi napravami, računalnikom Raspberry Pi in multimedijским strežnikom.

UDP je nepovezovalni protokol za prenašanje paketov [25]. Nepovezovalni pomeni, da odjemalec in strežnik ne vzpostavita povezave, ampak strežnik pošilja pakete odjemalcu in ne preverja, če je odjemalec pakete dobil. Preverjanje lahko implementiramo sami. Zaradi tega včasih pravijo, da prva črka kratice pomeni nezanesljiv (angl. unreliable). Protokol se večinoma uporablja za pretočni radio, internetno telefonijo, vendar le za prenos na primer zvoka, ne pa povezavo in zahtevo po prenosu.

Za potrebe sistema MoodWalker je UDP povsem primerna izbira, saj morebitna izguba paketa ni kritična in ne pomeni da bo sistem prešel v stanje okvare ali stanje nepravilnega delovanja. Izguba paketa se izraža v

trenutni zakasnitvi delovanja (angl. lag).

Preko omrežja sistem komunicira z napravami v obliki kratkih sporočil. Mobilne naprave pošiljajo računalniku Raspberry Pi podatke o načinu delovanja in preračunanem tempu hoje uporabnika (Poglavje 4.1.5) ločenimi z vejicami. Primer sporočila, kjer *androidbpm* pomeni, da je sporočilo poslano iz android naprave, številka 64 podaja preračunan tempo hoje in številka 0 označuje način igranja glasbe glede na tempo hoje (načini so označeni s števili od 0 do 3) (Poglavje 3.2.1).

androidbpm, 64, 0

Raspberry Pi prejema informacije iz mobilnih naprav in jih posreduje multimediskemu strežniku v kombinaciji z zajetimi podatki s senzorjev za merjenje razdalje in podatki o pesmi, ki jo sistem priporoča uporabniku. Primer sporočila, kjer *raspi* pomeni, da je sporočilo poslano z računalnika Raspberry Pi. Naslednjih osem števil predstavlja podatke o izmerjenih razdaljah z osmih senzorjev za merjenje razdalje v centimetrih (-1 označuje neaktivnost senzorja oz. izmerjena razdalja je izven dometa). Številka 64 predstavlja izračunan tempo hoje uporabnika (BPM - angl. beats per minute), oznaka *103.mp3* podaja priporočeno pesem glede na podatkovno bazo Moodo (Poglavje 4.1.6) in na zadnjem mestu številka 0 predstavlja način igranja glasbe glede na tempo hoje.

raspi, -1, -1, 71, -1, -1, -1, -1, -1, 64, 103.mp3, 0

Komunikacija med napravami pri UDP poteka preko vtičev. Protokol zahteva odprtje vtiča na obeh koncih povezave. Vtiče definirajo številke vrat, kjer so odprti in s tem omejujejo komunikacijo na točno določena vrata. V sistemu MoodWalker vse naprave pošiljajo sporočila v načinu oddajanja (angl. broadcast). Oddajanje pomeni, da lahko prejemaajo sporočila vse naprave, ki so trenutno v lokalnem omrežju in imajo odprt vtič na isti številki vrat. Z izbiro oddajanja smo se izognili eksplicitnemu naslavljanju IP (angl. internet protocol) naslovov. Sporočila filtriramo s prvo vsebovano besedo (*raspi, androidbpm*), neželena, ki teh besed ne vsebujejo, zavržemo.

4.1.5 Prepoznavanje koraka z Android aplikacijo

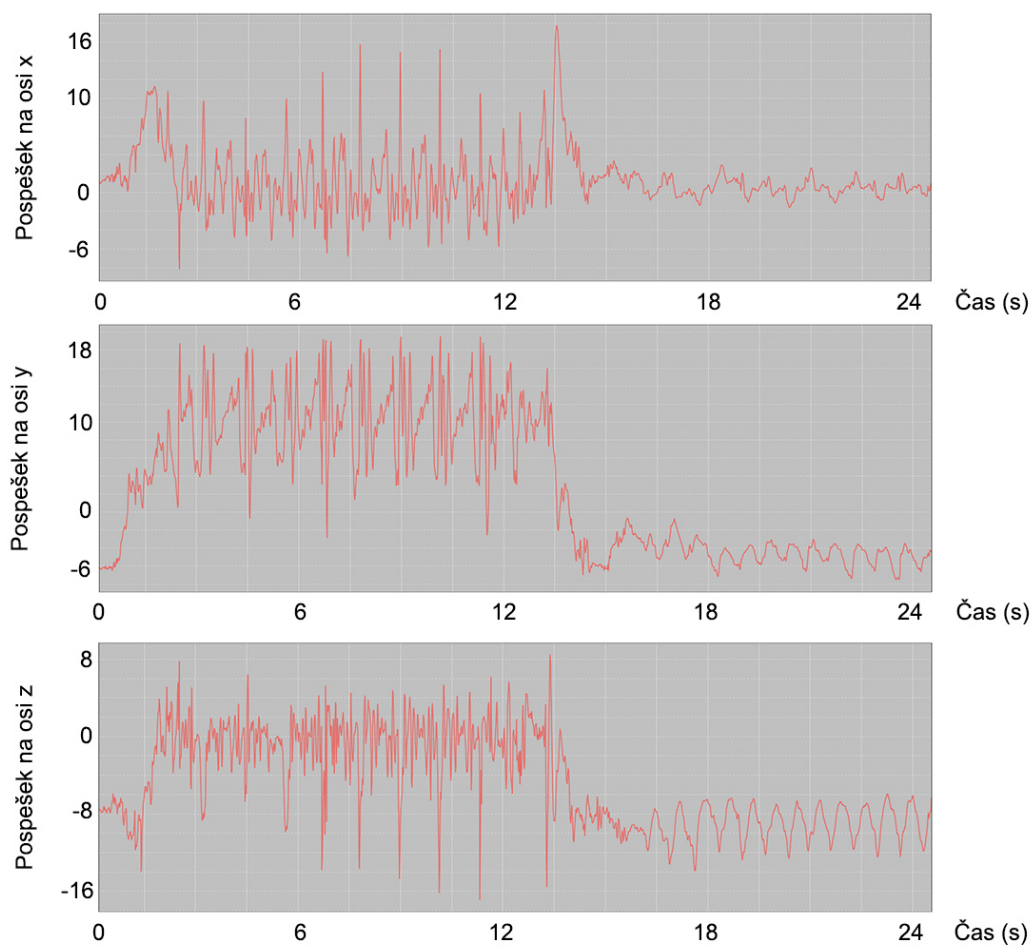
V večino mobilnih naprav proizvajalci vgrajujejo različne senzorje, ki izboljšujejo uporabniško izkušnjo. Izkoriščamo jih za igranje iger z nagibanjem naprave, obračanje orientacije zaslona, merjenje temperature v prostoru, menjavo glasbe s tresenjem itd. Na trgu obstajajo naprave s tremi tipi senzorjev: senzorji premika, okoljski senzorji in senzorji pozicije. Operacijski sistem Android podpira branje vseh senzorjev [40], vendar ni nujno da vsaka Android naprava vsebuje vse. Po večini naprave vsebujejo pospeškomer, ki se uporablja na primer za prepoznavanje orientacije naprave (pokončno ali ležeče). V sistemu MoodWalker izkoriščamo podatke s pospeškomerja za prepoznavanje morebitnega koraka uporabnika.

Pospeškomer spada med senzorje premika in meri silo pospeška na treh koordinatnih oseh. Vsakič ko preberemo podatke s senzorja, nam vrne tri številske vrednosti, ki predstavljajo pospeške na oseh x , y in z (Slika 4.4). Vrednost 10 pomeni, da na os naprave ne deluje niti pozitivni, niti negativni pospešek razen gravitacijskega (9.80665 m/s^2). Če pospeškomer vrne vrednosti $x=10$, $y=10$ in $z=10$, pomeni da naprava povsem miruje. Če so vrednosti manjše ali večje od 10 govorimo o pospešku v eni ali drugi smeri.

S prižgano aplikacijo med hojo uporabnikov pospeškomer vrača vrednosti pospeškov, ki jih povzroča gibanje nog, če imamo mobilno napravo v hlačnem žepu. S temi podatki lahko z algoritmom ugotovimo sunkovitost hoje in izračunamo BPM.

Algoritem spremlja nenadne menjave smeri pospeška na oseh in določi ali vzorec ustreza narejenemu koraku. Odloča se po principu shranjevanja prejšnjih vrednosti in primerjanjem z novimi. V nadaljevanju so naštet in na grobo opisani pomembni koraki algoritma:

1. Preberemo vrednosti pospeškomera vseh treh osi.
2. Vrednosti seštejemo in delimo s 3 (število osi).
3. Preverimo ali je povprečna vrednost večja ali manjša od povprečne vrednosti prejšnjega branja in si to zapomnemo kot smer pospeška.



Slika 4.4: Primer pospeškov treh osi med hojo, ko je naprava v hlačnem žepu obrnjena z zgornjim delom navzdol (prvi del grafa) in v dlani.

4. Če je smer pospeška enaka smeri pospeška prejšnjega branja, branje ponovimo in si te vrednosti shranimo za uporabo v naslednjem branju.
5. Če je smer pospeška različna od smeri s prejšnjega branja si vrednost shranimo kot ekstrem in preverimo ali gre za minimum ali maksimum.
6. Izračunamo absolutno vrednost razlike ekstremov prejšnjega in trenutnega branja.
7. Izračunano razliko ekstremov primerjamo s konstanto, ki jo nastavimo na začetku programa in pomeni občutljivost detekcije koraka.
8. Če je razlika ekstremov večja od konstante občutljivosti to prepoznamo kot korak, če ne, ponovimo branje.

Tempo računamo s pomočjo časovnika, ki teče na mobilni napravi in vsake pol sekunde sproži izračun povprečja zadnjih petih podatkov števila korakov. Povprečje uporabimo za doseg stabilnejših rezultatov. Vrednost nato pomnožimo s 120 in dobimo število korakov na minuto, kar predstavlja BPM.

4.1.6 Izluščevanje podatkov iz Moodo podatkovne baze

Moodo podatkovna baza je osnova na kateri smo zgradili priporočilni sistem MoodWalker. Baza opisuje skupek izbranih pesmi z brezplačne spletne storitve Jamendo v povezavi z mnenji uporabnikov spletne ankete (Poglavje 2.3). Ponuja širok nabor različnih informacij o glasbi: žanr, metrum, asociacije izpolnjevalcev anket o barvah med poslušanjem, BPM, ritem, melodičnost, itd. Za potrebe sistema MoodWalker smo morali povezati različne informacije in povprečiti vrednosti odgovorov o barvah za posamezno pesem. Ko se uporabnik sprehaja po prostoru, kjer je nameščen sistem in ima na mobilni napravi prižgano aplikacijo, se izračuna najboljše ujemanje med podatki o

uporabnikovem tempu hoje in podatki o BPM pesmi s podatkovne baze Mododo. V praksi se to izrazi kot sprememba obarvanosti LED traku in menjava pesmi.

Informacije so shranjene v formatu Excel (.xlsx) v dveh datotekah. Prva vsebuje podatke o vseh odgovorih ankete, v drugi pa so navedene preračunane vrednosti o posamezni pesmi (melodičnost, metrum, tempo, ...).

Podatke smo izvozili v datoteko formata JSON (.json), ki je enostavnejša za branje. Datoteko ob vsakem zagonu sistema preberemo in jo shranimo v pomnilnik, za takojšnji dostop med izvajanjem programa. Primer podatkov za eno od pesmi v formatu JSON:

```
{ "genre" : "classical", "id" : "101.mp3", "melodious" : 3, "metrum" : "22",
  "harmoniccomplexity" : "5", "dynamics" : 6, "BPM" : "55", "consonance" : "4",
  "tempo" : 2, "RGB" : [110, 221, 76], "rhythm" : 4, "mode" : "2" }
```

Podatki nastopajo v dvojicah "ime podatka": "vrednost". Za potrebe sistema uporabljamo podatke o *id* glasbe, *BPM* in *RGB*. Ostale vrednosti si shranjujemo za morebitno kasnejšo nadgradnjo sistema (Tabela 4.4).

4.1.7 Igranje glasbe in spreminjanje tempa na multi-medijskem strežniku

Primarna naloga multimedijskega strežnika je predvajanje glasbe. Raspberry Pi omogoča predvajanje glasbe, vendar je kvaliteta zvoka nizka, multimedijski strežnik pa ima vgrajene dovolj zmogljive zvočnike za predvajanje glasnih in čistih zvokov. Na strežniku teče program, ki sprejema podatke preko omrežja in jih pretvarja v zvok in projekcijo pozicije uporabnikov v prostoru.

Programski jezik Java ima vgrajene funkcije *javax.sound* za predvajanje zvokov in glasbe (format .wav [41]). Za spreminjanje hitrosti in glasnosti predvajanja smo uporabili zunanjo knjižnico *sonic*⁸ v kombinaciji s paketom funkcij *javax.sound*.

⁸<https://github.com/waywardgeek/sonic>

Podatek	Razlaga
genre	žanr
id	identifikator pesmi
melodious	melodičnost 1 - 7 (brez melodije - močna melodija)
metrum	takt - 3/4, 4/4, ...
harmonic_complexity	harmonična kompleksnost 1 - 7 (enostavna - kompleksna)
dynamics	dinamičnost 1 - 7 (mehko-tiho - glasno-trdo)
BPM	udarci na minuto
consonance	konsonanca
tempo	tempo 1 - 7 (počasen - hiter)
RGB	rdeča, zelena in modra komponenta barve
rhythm	ritem 1 - 7 (neizrazit - izrazit)
mode	način 1 - 7 (minor - major)

Tabela 4.4: Razlage podatkov JSON datoteke.

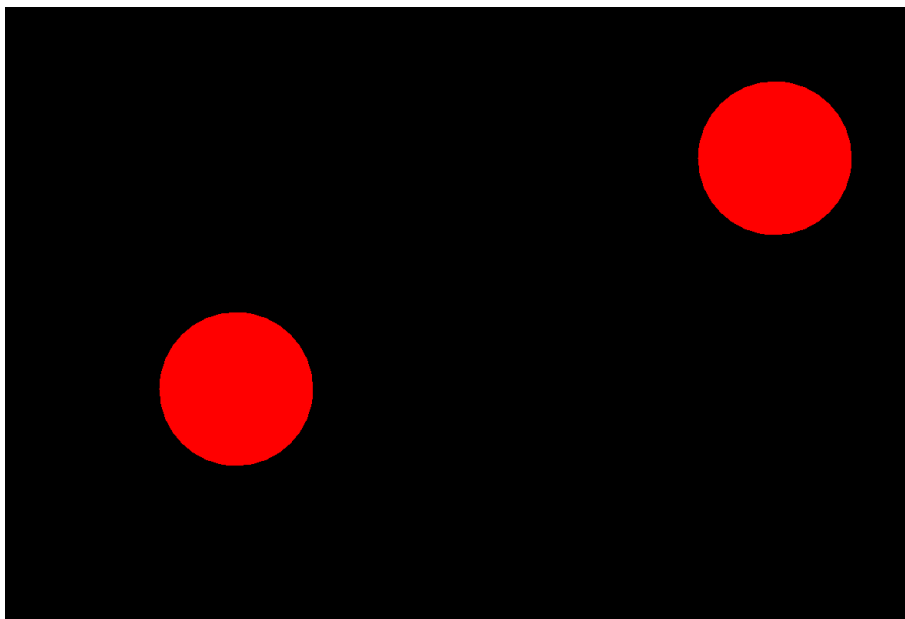
Ob zagonu strežnika s programom preberemo pesem, ki je v mapi prva po vrsti. Če med branjem ni prišlo do napake, se pesem prične predvajati brez modifikacije tempa. Med predvajanjem skladbe strežnik prejema preračunan tempo hoje uporabnika, ki ga na Raspberry Pi pošilja mobilna naprava. Z uporabo knjižnice *sonic* med predvajanjem nastavljamo tempo (angl. speed). Če uporabnik miruje, se tempo vrne na privzeto vrednost pesmi.

4.1.8 Spotlight

Spotlight oz. sledenje žarometa, je tehnika sledenja uporabnikovim premikom. V sistemu MoodWalker namesto žarometa uporabljamo projektor. Projektor projicira oblike okoli uporabnika, ko se giblje v doseg senzorjev premika.

Za projekcijo skrbi multimedijски strežnik, ki z višine približno petih metrov na tla mostu projicira črno platno. Od osmih nameščenih senzorjev jih zaradi fizičnih omejitev zajame le sedem. Med fizične omejitve štejemo ne-

prijazno okolje za montažo projektorja in nizko ločljivost projekcije. Sistem je zmožen projiciranja pozicije večih uporabnikov naenkrat (Slika 4.5).

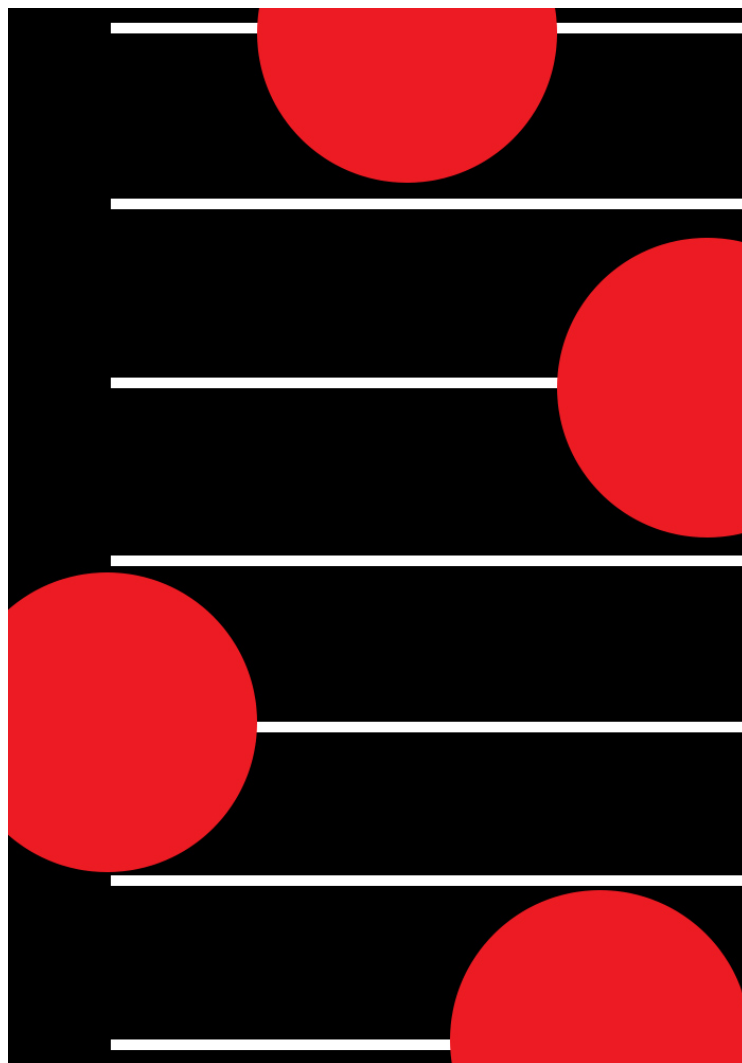


Slika 4.5: Hkratna projekcija pozicije dveh uporabnikov, ki se nahajata na mostu (slika aplikacije).

Spotlight ne omogoča projekcije pozicije v vsaki točki na most. Senzorji razdalje so postavljeni pravokotno na most in merijo pozicijo samo v eni smeri. Vrzel med senzorji premostimo s projekcijo velikih oblik, ki omogočajo približno gladek prehod. Na robovih ne moremo prikazati celotne oblike zaradi prej omenjenih fizičnih omejitev (Slika 4.6).

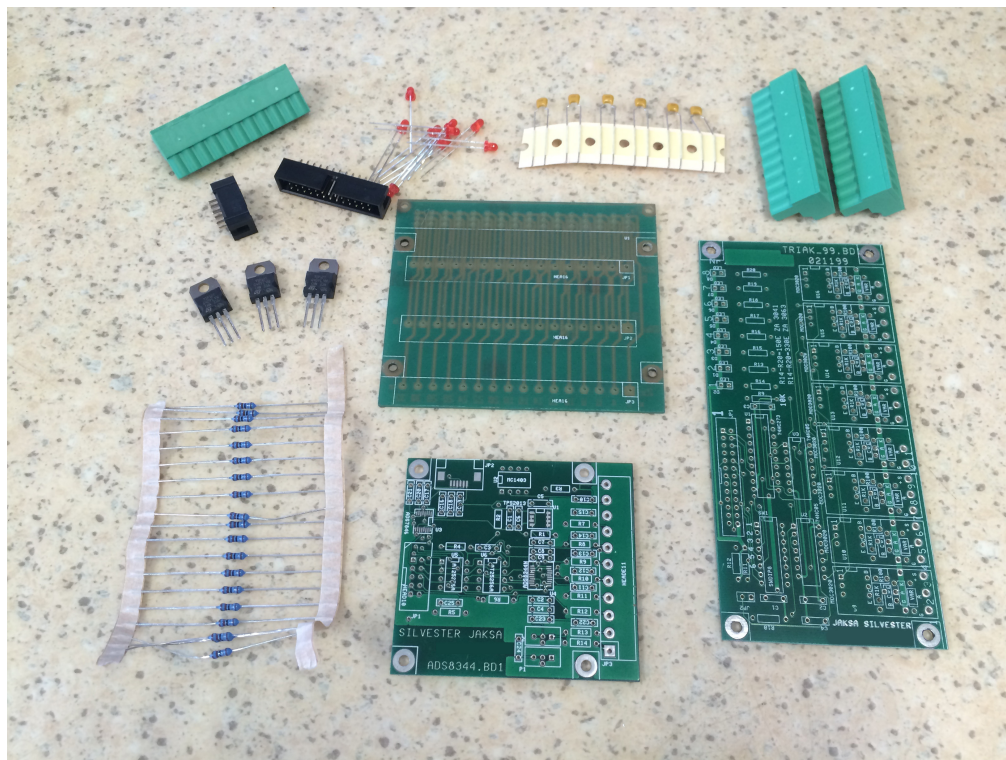
4.2 Postavitev sistema

Ko govorimo o sistemu MoodWalker, ne govorimo le o programski rešitvi. Za vzpostavitev vseh komponent je bilo potrebno veliko fizičnega dela v smislu montaže posameznih komponent v prostor. Pričeli smo z izdelavo plošče za namestitvev elektronskih vezij in končali pri umestitvi projektorja. Tiskana



Slika 4.6: Skica robnih projekcij (bele črte predstavljajo domet senzorjev).

vezja so po naših načrtih izdelali v podjetju Lingva⁹, elektronske komponente pa smo s spajkalnikom namestili sami (Slika 4.7).



Slika 4.7: Slika predstavlja vezja in del elektronskih komponent pred izdelavo.

Izdelava plošče za elektronska vezja

Material plošče je plastično oz. pleksi steklo. Z vbrzdno žago smo večji kos stekla odrezali po željenih merah in s smirkovim papirjem zbrusili robove. Prazna vezja smo uporabili kot šablono za označevanje lukenj na plošči in po označbah z vrtalnikom izvrtali luknje za vijake. Z vijaki smo na ploščo pritrdili plastične distančnike, na katere lahko namestimo vezja. Vezja so od plošče oddaljena 1 cm - dolžina distančnika. V primeru odpovedi vezja ga preprosto odstranimo in na njegovo mesto vstavimo novo.

⁹<http://www.lingva.si/sl>

Montaža in ožičenje senzorjev

Senzorji so v sistemu nameščeni na kovinski ograji v višini 50 cm. Kovinska ograja se je izkazala za odlično mesto namestitve, ker nam ni bilo potrebno vrtati lukenj in senzorje fiksirati na točno določeno mesto. Senzorje smo privijačili na plastične kotnike, nanje pa nalepili magnete. S tem smo jih lahko med testiranjem sistema preprosto premikali in optimizirali delovanje. Do vsakega senzorja na ograji vodi kabel s tremi žicami: dve žici sta namenjeni napajanju, ena pa je za povratno informacijo o razdalji v obliki različne napetosti. Senzor je na kabel pritrjen z električnimi sponkami, na drugi strani kabla pa je konektor v katerega so priključeni še trije kabli.

Montaža LED traku

Na tleh ob ograji, kjer so nameščeni senzorji smo položili LED trak. Montaža ni bila zahtevna, ker smo na traku pripravili 3-polni konektor, ki se enostavno priključi v skupni konektor 12 V napajalnika in vezja.

Izdelava nosilca projektorja in montaža na ograjo

Kot nosilec za projektor smo uporabili širok aluminijast kotnik. Nanj smo izvrtali 3 luknje, ki ustrezajo luknjam za pritrditev na projektorju. Projektor smo privijačili na kotnik in ga z dvema objemkama fiksirali na ograjo. Za varnost v morebitni popustitvi objemke smo poskrbeli z vrvjo, ki povezuje ograjo in kotnik. Za dodatno varnost skrbi računalniški zaklep, ki v primeru kraje uniči ohišje projektorja, v primeru popustitve varnostnih mehanizmov pa služi kot rezervni mehanizem za preprečevanje padca projektorja z ograje.

4.3 Delovanje v realnem času

V sistemu deluje več samostojnih komponent, ki z ostalimi komunicirajo preko lokalnega omrežja. Za delovanje sistema kot celote tri komponente potrebujejo zagonski čas. Pri mobilnih napravah predpostavljamo, da naprava



Slika 4.8: Projektor in varnostni mehanizmi.

že deluje in je potreben le zagon aplikacije. Čas zagona multimedijskega strežnika in računalnika Raspberry Pi smo merili od stanja nedelovanja do začetka delovanja programa (angl. cold start). V tabeli 4.5 so predstavljeni zagonski časi komponent. Odstopanja časov pri računalniku Raspberry Pi in multimedijem strežniku sta ± 2 sekundi, pri mobilni aplikaciji pa ± 1 sekunda. Čas vzpostavitve sistema je 27 sekund, ki ga določa komponenta z najdaljšim zagonskim časom (multimedijski strežnik).

Komponenta	Zagonski čas v sekundah
mobilna naprava	5
Raspberry Pi	19
multimedijski strežnik	27

Tabela 4.5: Zagonski časi komponent.

V poglavju 3.2.1 smo navedli načine delovanja sistema, ki se razlikujejo v odzivnosti sistema. Način spreminjanja tempa glasbe glede na hojo zaradi algoritma ne dosega tako visoke odzivnosti kakor ostali načini. Pri načinih igranja lestvic, je vizualni in zvočni odziv sistema hipen. Uporabniki večinoma niso zaznali zakasnitev ali pa so le-te bile zanemarljive. Pri spreminjanju tempa je zaradi računanja BPM na vsake pol sekunde, prišlo do zakasnitve pri zvočnih učinkih. Če je uporabnik hodil čez most zelo hitro ali pa tekel, je lahko prečkal most v samo sekundi ali celo manj. Sprememba tempa se je včasih zaradi tega razloga zgodila s pol sekundnim ali sekundnim zamikom. Pri počasni in srednje hitri hoji se je sistem zelo dobro odzival.

Pri projekciji pozicij uporabnikov nismo naleteli na problem zakasnitve prikaza.

4.4 Zunanji vplivi

Pri testiranju sistema MoodWalker smo se srečevali z velikim problemom premočne svetlobe v prostoru. Stavba, kjer je nameščen sistem je zasnovana kot svetlobni jašek. Na vrhu je steklena streha in svetloba prodira vse do

pritičja stavbe. Največji problem je predstavljala projekcija pozicije, saj je močna svetloba izničevala efekt projektorja. Uporaba projekcije pozicije je prišla do izraza v večernih urah.

Poleg problema projekcije so problem predstavljali senzorji premika, ki so občasno zaznavali premik, čeprav na mostu ni bilo uporabnikov. Senzorji delujejo po principu sevanja IR svetlobe in merjenju časa odboja od predmeta, ki prečka snop (Poglavje 3.1.2). Dnevna svetloba vsebuje poleg vidnega tudi IR spekter. Predpostavljamo, da problem povzroča nevidni IR spekter in občasno privede do nepravilnega izračuna. Senzor takrat za kratek čas oddaja napetost, vendar dovolj dolgo, da v sistemu smatramo meritev kot premik. Podobno kot pri projekciji, v večernih urah tega problema ni.

Ob morebitni postavitvi sistema v zunanje okolje, bi morali rešiti probleme s premočno svetlobo in zaščititi sistem pred vremenskimi vplivi. Nad sistemom bi bilo potrebno postaviti streho, saj bi v primeri dežja elektronika odpovedala. Druga rešitev bi bila namestitev elektronike v vodoodporna ohišja. Določene komponente imajo temperaturna območja pravilnega delovanja, zato bi bilo to tudi potrebno upoštevati že v načrtovanju sistema.

4.5 Slike sistema



Slika 4.9: Slika prikazuje del sistema, kjer je na vrhu viden projektor. Spodaj so na ograji vidni senzorji in LED trak.



Slika 4.10: Slika prikazuje ograjo, kjer so nameščeni senzorji premikov in LED trak. Na mizi ob ograji so postavljena elektronska vezja, napajalnik in multimedijski strežnik.



Slika 4.11: Projekcija pozicije več uporabnikov med igranjem različnih lestvic.

Poglavje 5

Rezultati in evalvacija

V poglavju bomo evalvirali rezultate, ki smo jih pridobili z anketo. Naključne mimoidoče smo vprašali, če bi sodelovali v raziskavi in preizkusili priporočilni sistem MoodWalker. Anketa je bila sestavljena iz šestih vprašanj, na katera so uporabniki odgovarjali po preizkusu sistema.

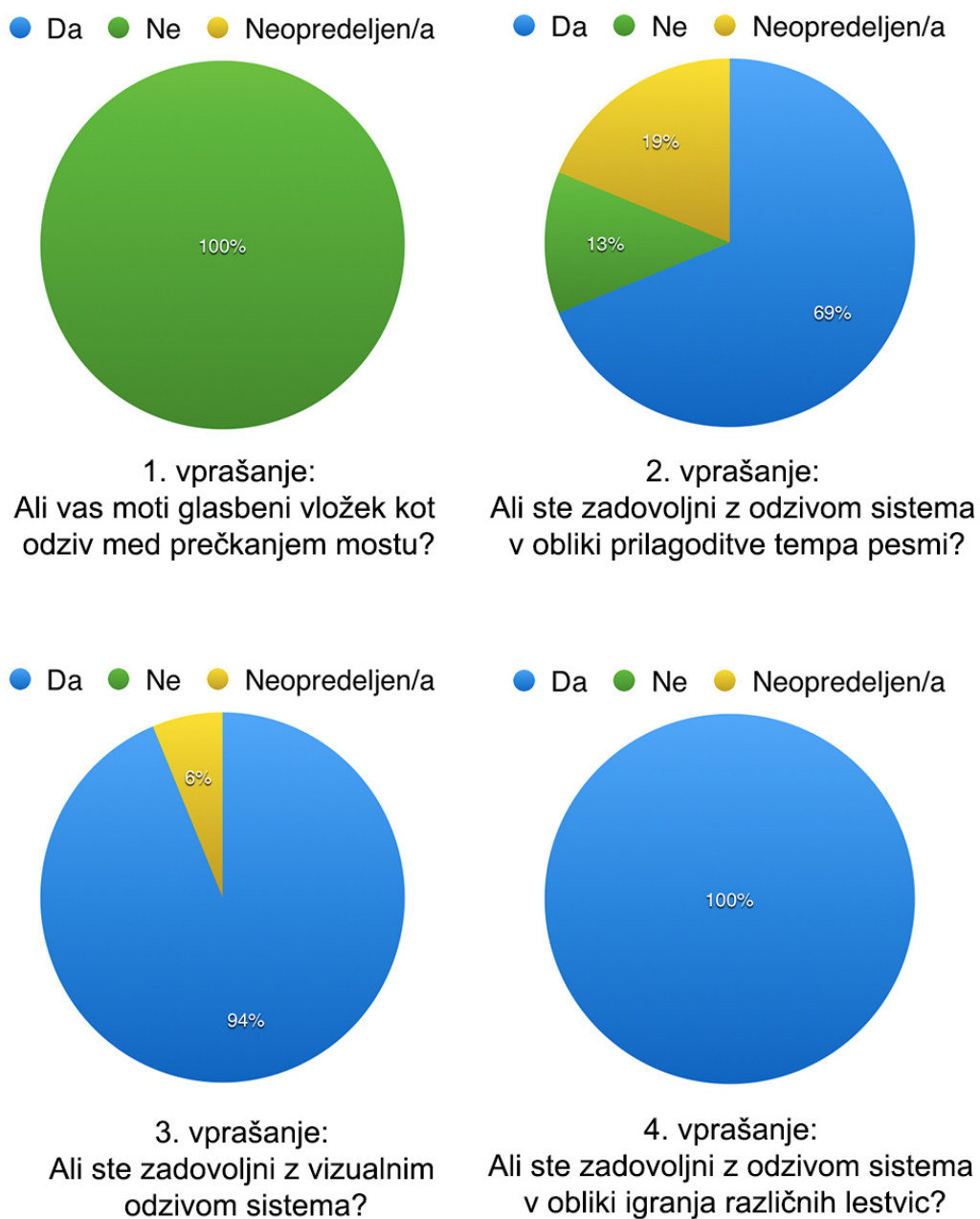
Pred vsako uporabo smo uporabnikom razložili delovanje in jim v primeru nerazumevanja demonstrirali funkcije sistema. V uporabo smo jim predali mobilno napravo z nameščeno Android aplikacijo MoodWalker. Uporabnike smo prosili naj naredijo najmanj dva sprehoda čez most in preizkusijo čim več funkcij sistema. V preizkusu je bilo udeleženih 16 ljudi, ki so odgovorili na vprašanja ankete. Z anketo smo želeli izvedeti kakšen vpliv ima sistem na uporabnika in kakšna je bila uporabniška izkušnja (angl. user experience).

Sodeč po rezultatih, je bil splošni odziv ljudi po preizkusu sistema zelo pozitiven. Vsi so podali enako mnenje o predvajanju glasbe v prostoru, nikogar ne moti (1. vprašanje, Slika 5.1). S spreminjanjem tempa glasbe glede na hojo je bilo 69 % vprašanih zadovoljnih (2. vprašanje, Slika 5.1). Uporabniki, ki z odzivom niso bili zadovoljni so bili mnenja, da ima sistem preveč zakasnitve in je to moteče. Takšnih je bilo okoli 13 %, neopredeljenih pa okoli 19 %. Vizualni odziv sistema je bila po opazanjih uporabnikom zelo zanimiva funkcija. 94 % odstotkov je bilo, glede na odgovore, z odzivom zadovoljnih ali celo zelo zadovoljnih (3. vprašanje, Slika 5.1). Le 6 odstotkov

vprašanih se za vizualni odziv sistema ni opredelilo. Negativnih odzivov ni bilo. Presenetljivo pozitiven odziv uporabnikov smo opazili med uporabo sistema v načinu igranja različnih lestvic. Prav vsi so bili zadovoljni z odzivom (4. vprašanje, Slika 5.1), nekateri so tudi izrazili mnenje, da je to najboljša funkcija sistema.

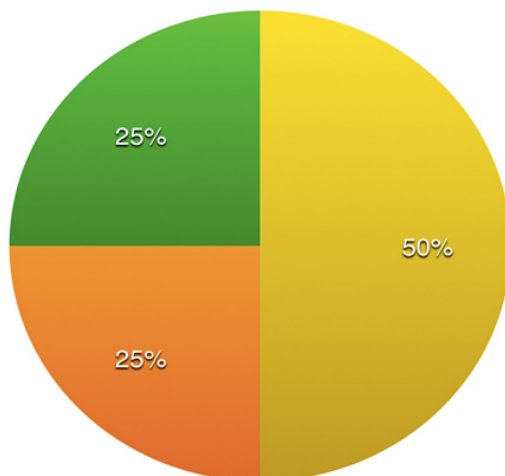
Uporaba mobilne aplikacije uporabnikom ni povzročala težav, saj so se opredelili zelo pozitivno. Okoli 75 % vprašanih je aplikacijo ocenilo kot enostavno oz. zelo enostavno (5. vprašanje, Slika 5.2). Ostali so jo ocenili kot srednje težko za vsakdanjo uporabo.

V splošnem so se uporabniki pozitivno opredelili o sistemu kot celoti. 69 % jih pravi, da je sistem popestritev glede na primarni opravke (sprehod čez most) (6. vprašanje, Slika 5.2), ostali se ali niso mogli opredeliti, ali pa jim sistem predstavlja preveliko distrakcijo.



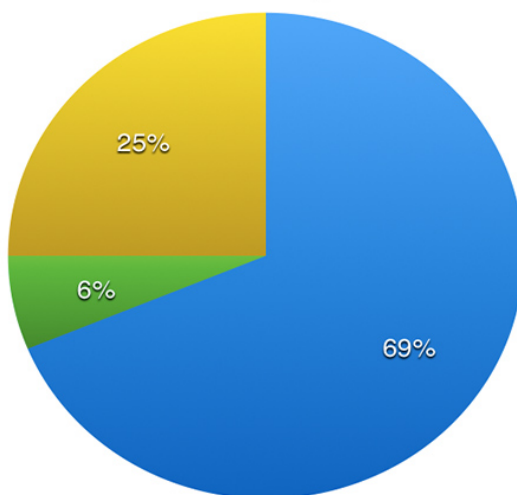
Slika 5.1: Slika prikazuje tortne diagrame odstotkov posameznih odgovorov na vprašanja od 1 do 4.

● Težko ● Srednje težko ● Enostavno ● Zelo enostavno



5. vprašanje:
Kako ocenjujete težavnost uporabe mobilne aplikacije za priporočilni sistem?

● Popestritev ● Distrakcija ● Neopredeljen/a



6. vprašanje:
Ali se vam zdi priporočilni sistem popestritev ali distrakcija glede na primarni opravke (sprehod čez most)?

Slika 5.2: Slika prikazuje tortna diagrama odstotkov posameznih odgovorov na vprašanji 5 in 6.

Poglavje 6

Sklepne ugotovitve in zaključki

Sistem MoodWalker je postal popularen in ljudem zelo zanimiv projekt. Med ljudmi na fakulteti je veljalo splošno navdušenje in pričakovanje čim prejšnjega dokončanja. Ko smo sistem plasirali v uporabo smo dobili zelo pozitivne odzive, ki smo jih nato potrdili tudi z anketo med testiranjem.

Ker je sistem mišljen kot pasiven, smo želeli poenostaviti edini uporabniški vnos preko mobilne aplikacije, zato nas je zanimala težavnost uporabe in do katere mere lahko gremo z dodajanjem novih funkcionalnosti. S trenutno aplikacijo smo dosegli polpasiven sistem, vendar ohranili enostavnost in prijaznost uporabe.

V splošnem nas je zanimala smiselnost postavitve in uporabe takšnega sistema. S strani uporabnikov smo imeli močno podporo, vendar se niso strinjali o sami lokaciji sistema. Predlagali so da se sistem preseli na javna mesta kot so na primer nakupovalni centri oz. mesta, kjer bi se projekcija bolje videla. Samo vidnost projekcije bi lahko popravili z uporabo širokozaslonskega in močnejšega projektorja. Projektor uporabljen v eksperimentu je ob zmanjšanem vplivu zunanje svetlobe deloval normalno, vendar imamo sistem namen uporabljeni skozi celotni dan.

Veliko predlogov o izboljšanju sistema smo prejeli v smislu izboljšanja grafike projekcije. Uporabniki so predlagali uporabo gladkih prehodov, menjave barv in uporabo različnih oblik. Na tem mestu imamo odprtega še

nekaj dela, ki ga nameravamo vključiti v naslednjo različico sistema.

V prihodnosti imamo namen odpraviti zakasnitve prilagajanja tempa glasbe in popraviti luknjo v prilagoditvah, ko uporabnik hodi počasneje, kot je osnovno tempo pesmi.

Literatura

- [1] Blaž Bahar. Primerjava različnih tipov priporočilnih sistemov. *Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani*, 2012.
- [2] Yajie Hu in Mitsunori Ogiwara. Nextone player: A music recommendation system based on user behaviour. *12th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2011)*, pages 103–108, 2011.
- [3] Robert Ragno, Christopher JC Burges, and Cormac Herley. Inferring similarity between music objects with application to playlist generation. In *Proceedings of the 7th ACM SIGMM international workshop on Multimedia information retrieval*, pages 73–80. ACM, 2005.
- [4] Arthur Flexer, Dominik Schnitzer, Martin Gasser, and Gerhard Widmer. Playlist generation using start and end songs. In *ISMIR*, pages 173–178, 2008.
- [5] Kirk McElhearn. New in itunes: Genius shuffle. <http://www.mcelhearn.com/new-in-itunes-genius-shuffle/>, 2015. [Dostopano 20.8.2015].
- [6] Elias Pampalk, Tim Pohle, and Gerhard Widmer. Dynamic playlist generation based on skipping behavior. In *ISMIR*, volume 5, pages 634–637, 2005.

-
- [7] William W Cohen and Wei Fan. Web-collaborative filtering: Recommending music by crawling the web. *Computer Networks*, 33(1):685–698, 2000.
 - [8] Pedro Cano, Markus Koppenberger, and Nicolas Wack. An industrial-strength content-based music recommendation system. In *Proceedings of the 28th annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*, pages 673–673. ACM, 2005.
 - [9] Justin Donaldson. A hybrid social-acoustic recommendation system for popular music. In *Proceedings of the 2007 ACM conference on Recommender systems*, pages 187–190. ACM, 2007.
 - [10] Mirim Lee and Jun-Dong Cho. Logmusic: context-based social music recommendation service on mobile device. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication*, pages 95–98. ACM, 2014.
 - [11] Tuomas Eerola and Jonna K Vuoskoski. A review of music and emotion studies: approaches, emotion models, and stimuli. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 30(3):307–340, 2013.
 - [12] Patrik N Juslin and John A Sloboda. *Music and emotion: Theory and research*. Oxford University Press, 2001.
 - [13] Matija Marolt Matevž Pesek, Gregor Strle. Towards user-aware music information retrieval: emotional and color perception of music. *Ismir*, 2015.
 - [14] Erik M Schmidt and Youngmoo E Kim. Modeling Musical Emotion Dynamics with Conditional Random Fields. In *ISMIR*, pages 777–782, 2011.
 - [15] Jacquelin A Speck, Erik M Schmidt, Brandon G Morton, and Youngmoo E Kim. A Comparative Study of Collaborative vs. Traditional

- Musical Mood Annotation. In *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, pages 549–554, Miami, 2011.
- [16] Douglas Turnbull, Luke Barrington, David Torres, and Gert Lanckriet. Semantic annotation and retrieval of music and sound effects. *Audio, Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on*, 16(2):467–476, 2008.
- [17] Derek Tingle, Youngmoo E. Kim, and Douglas Turnbull. Exploring automatic music annotation with ”acoustically-objective” tags. In *Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval (ISMIR)*, pages 55–62, New York, March 2010.
- [18] Björn Schuller, Clemens Hage, Dagmar Schuller, and Gerhard Rigoll. ‘Mister DJ, Cheer Me Up!’: Musical and textual features for automatic mood classification. *Journal of New Music Research*, 39(1):13–34, 2010.
- [19] C. Spence and J. Driver. *Crossmodal Space and Crossmodal Attention*. Crossmodal Space and Crossmodal Attention. OUP Oxford, 2004.
- [20] Matevž Pesek, Primož Godec, Mojca Poredoš, Gregor Strle, Jože Guna, Emilija Stojmenova, Matevž Pogačnik, and Matija Marolt. Introducing a dataset of emotional and color responses to music. *15th International Society for Music Information Retrieval Conference (ISMIR 2014)*, pages 355–360, 2014.
- [21] Matija Marolt Matevž Pesek, Gregor Strle. Uporabniški vmesniki in metodologija pridobivanja večmodalnih podatkov o glasbi. *Elektrotehniški vestnik* 82(3), pages 93–101, 2015.
- [22] Matevz Pesek, Primoz Godec, Mojca Poredos, Gregor Strle, Jozse Guna, Emilija Stojmenova, Matevz Pogacnik, and Matija Marolt. Capturing the mood: Evaluation of the moodstripe and moodgraph interfaces. In

- Multimedia and Expo Workshops (ICMEW), 2014 IEEE International Conference on*, pages 1–5. IEEE, 2014.
- [23] Tuomas Eerola and Jonna K Vuoskoski. A comparison of the discrete and dimensional models of emotion in music. *Psychology of Music*, 2010.
- [24] C. Daniels. *Beginning Raspberry Pi 2*. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2015.
- [25] Wikipedia. User datagram protocol. https://en.wikipedia.org/wiki/User_Datagram_Protocol. [Dostopano 20.8.2015].
- [26] SHARP. Sharp gp2y0a02yk datasheet. <http://www.sharpsme.com/download/GP2Y0A02YK-DATA-SHEETPDF>. [Dostopano 21.8.2015].
- [27] Texas Instruments. 16-bit, 8-channel serial output sampling analog-to-digital converter datasheet. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads8344.pdf>. [Dostopano 21.8.2015].
- [28] Wikipedia. Serial peripheral interface bus. https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface_Bus. [Dostopano 21.8.2015].
- [29] Fairchild Semiconductor Corporation. Tip120 tip121 tip122 - npn epitaxial darlington transistor datasheet. <https://www.fairchildsemi.com/datasheets/TI/TIP120.pdf>. [Dostopano 21.8.2015].
- [30] International Data Corporation (IDC). Smartphone os market share, q1 2015. <http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp>. [Dostopano 21.8.2015].
- [31] Wikipedia. Linux. <https://en.wikipedia.org/wiki/Linux>. [Dostopano 21.8.2015].
- [32] Wikipedia. Java (programming language). [https://en.wikipedia.org/wiki/Java_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Java_(programming_language)). [Dostopano 25.8.2015].

-
- [33] Anton Eliëns. *Object-oriented software development*. Addison Wesley, 1995.
- [34] Wikipedia. Write once, run anywhere. https://en.wikipedia.org/wiki/Write_once,_run_anywhere. [Dostopano 25.8.2015].
- [35] Wikipedia. Analog-to-digital converter. https://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter. [Dostopano 26.8.2015].
- [36] Motorola. Serial peripheral interface technical data. http://ee.hawaii.edu/~tep/EE491E/Notes/HC11A8/HC11A8_SPI.pdf. [Dostopano 25.8.2015].
- [37] Wikipedia. Pulse-width modulation. https://en.wikipedia.org/wiki/Pulse-width_modulation. [Dostopano 26.8.2015].
- [38] Wikipedia. Digital signal. https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_signal. [Dostopano 26.8.2015].
- [39] Wikipedia. Rgb color model. https://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_model. [Dostopano 26.8.2015].
- [40] Android Developers. Sensors overview. http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html. [Dostopano 26.8.2015].
- [41] Wikipedia. Wav. <https://en.wikipedia.org/wiki/WAV>. [Dostopano 27.8.2015].